This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Erdgeschichte

Melchior Neumayr, Viktor Karl Uhlig

Digitized by Google

Digitized by Google

Science Libra
QE
26
.N49
189

Digitized by Google

Digitized by Google

Erdgeschichte.

Zweiter Band.

Digitized by Google

Digitized by Google

Erdgeschichte.

Von

Prof. Dr. Melchior Neumayr.

Zweite Auflage, neubearbeitet von Prof. Dr. Viktor Uhlig.

Zweiter Band.

Beschreibende Geologie.

Mit 495 Abbildungen im Text, 10 Farbendruck- und 6 Holzschnitt-Tafeln sowie 2 Karten von Th. Alphons, F. Dotzauer, F. Etzold, E. Heyn, H. Kaufmann, O. Peters, K. Poschinger, E. von Ransonnet, O. Schulz, A. Swoboda u. a.

Leipzig und Wien.
Bibliographisches Institut.
1895.

Digitized by Google

Alle Rechte vom Verleger vorbehalten.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichnis.

Beschreibende Geologie.

I. Historische Geologie.

	Seite
1. Einleitung in die historische Geologie	3
Geologische Altersbestimmung	3
Geologische Formationen	5
Paläontologische Methode der Altersbestimmung	8
Lückenhaftigkeit der Überlieferung; Zonengliederung	14
Die Fossilreste	21
Physische Geographie früherer Perioden	24
Feldgeologie	29
2. Die älteren paläozoischen Ablagerungen (Grauwacken- oder Übergangsgebirge)	33
Die paläozoische Periode	33
Die kambrische Formation	35
Die Fauna der kambrischen Formation	41
Die Fauna der Silurformation	51
Verschiedene Typen des Silurs	88
Beispiele der silurischen Entwickelung	90
Die Devonfauna	99
Entwickelung und Verbreitung des Devons	113
3. Die jüngeren paläozoischen Bildungen (Kohlen- und Permformation)	121
Die Tierwelt der Kohlenformation	121
Die Pflanzenwelt der Kohlenformation	139
Bildung der Kohlenflöze	146
Verbreitung der Kohlenpflanzen und Klima der Kohlenformation	149
Verbreitung und Gliederung der Kohlenformation	152
Das Gebiet der Glossopteris-Flora	157
Die permische Formation	162
4. Die Triasformation	170
Die mesozoische Periode	170
Die Binnenentwickelung der Trias	173
Die alpine (pelagische) Trias	189
Weitere Verbreitung der Trias	202
5. Die Juraformation	205
Charakter und Gliederung des Jura	205
Die Tierwelt des Jura	208
Formenmenge der Fauna des Jura	240
Der Jura in Mitteleuropa	243
Der alpine Jura	254
Weitere Verbreitung und geographische Verhältnisse des Jura	256
6. Die Kreideformation	266
Die weiße Schreibkreide	266
Bezeichnung und allgemeine Gliederung der Kreideformation	268
Pflanzenwelt der Kreideformation	271
Wirbellose Tiere der Kreideformation	274
Wirbeltiere der Kreideformation	282
Verbreitung und Gliederung der unteren Kreide	289
Verbreitung und Gliederung der oberen Kreide	296
7. Die Tertiärformation	301
Charakter, Verbreitung und Gliederung der Tertiärformation	301
Tertiäre Beuteltiere	313
Entwickelung der Placentaltiere	316
Nageltiere (Unguiculaten)	325
Huftiere	336
Nager, Edentaten, Wale	359
Das ältere Tertiär in Europa	361
Das ältere Tertiär außerhalb Europas	370
Die alttertiären Säugetierfaunen	373
Allgemeine Verhältnisse des Miocäns	377
Das Miocän in Europa	387
Die sarmatischen Ablagerungen	393
Das untere Pliocän (die pontische Stufe)	396
Mittleres und oberes Pliocän	402
Jungtertiäre Ablagerungen außerhalb Europas	409
Rückblick	414
8. Das Diluvium (Pleistocän)	417
Allgemeine Verhältnisse des Diluviums (Pleistocäns)	417
Die alpinen Diluvial-(Pleistocän-)Bildungen	421
Das nordeuropäische Landeis	427
Pleistocänablagerungen in anderen Teilen Europas	437
Tier- und Pflanzenwelt der Quartärzeit in Europa	443
Klimatische Verhältnisse Europas in der Diluvial-(Pleistocän-)Zeit	455
Das außereuropäische Diluvium (Pleistocän)	457
Ursachen der Kälteperiode	472
Geologische Zeiträume	476

II. Topographische Geologie.

9. Die Gebirge der Erde	480
Verbreitung der jungen Kettengebirge auf der Erde	480
Lage und Zusammenhang der südeuropäischen Ketten	483
Die Alpen	487
Die Karpathen	501

154670

Digitized by Google

	Seite
Das westeuropäische Schollenland	507
Die russisch-skandinavische Tafel und Sibirien	524
Afrika und die vorderindische Halbinsel	526
Die asiatischen Kettengebirge, China und Australien	530
Amerika	538

III. Die nutzbaren Minerale,
von Prof. Dr. Viktor Uhlig.

10. Die Salze. Die Sol- und Mineralquellen	547
11. Die brennbaren Minerale	559
12. Die metallischen Minerale	586
13. Die Steine und Erden	635
Die Edelsteine	636
Bildhauerei- und Ornamentsteine	650
Die Bausteine und Baustoffe	654
Die Mahl- und Schleifsteine, Poliermittel und lithographischen Steine	655
Die mineralischen Dungmittel	656
Die Erden	658
Die zu chem. Zwecken verwendeten Minerale	662
Register	668

Verzeichnis der Abbildungen.[1]

Farbendruck-Tafeln.

	Seite
Landschaft der Steinkohlenperiode. (Nach Aquarell von E. Heyn.)	144
Kohlenkalkablagerungen in der Kanabwüste, Arizona (Nordamerika). (Nach U. S. A. Geological Survey.)	156
Landschaft der Triasperiode. (Nach Aquarell von E. Heyn.)	171
Trias- und Permablagerungen im Virgenthale, Arizona (Nordamerika). (Nach U. S. A. Geological Survey.)	184
Landschaft der Juraperiode. (Nach Aquarell von E. Heyn.)	205
Eocänablagerungen in Wyoming, Nordamerika. (Nach U. S. A. Geological Survey.)	372
Säulenkap auf Franz-Joseph-Land. (Nach dem Reisewerk der österreichischen Nordpolexpedition.)	526
Sinterterrasse des Mammutgeisers im Yellowstone-Park. (Nach der Natur.)	543
Erzstufen. (Nach der Natur, von Theodor Alphons; mit Deckblatt.)	591
Edelsteine. (Nach der Natur, von Theodor Alphons; mit Deckblatt.)	639

Holzschnitt-Tafeln.

	Seite
Silurische und devonische Tetrakorallien	58
Typen der Spiriferiden (zum Teil in verschiedenen Stellungen)	74
Muscheln und Schnecken der Juraformation	215
See-Igel der Kreideformation	275
Tertiäre Siphonostomen	308
Der Pasterzengletscher am Großglockner. (Nach Photographie.)	423

Karten.

	Seite
Tiergeographische Reiche. (Nach Wallace.)	9
Geologische Karte der Alpen	488

Illustrationen im Text.

Formenreihe der Paludina Neumayri	16
Trigonia navis	23
Radiolarien aus dem präkambrischen Kieselschiefer von Saint-Lô	34
Kambrische Brachiopoden	35
Spatangopsis; lebende Meduse; Gipsabguß des Körperhohlraumes lebender Medusen; Abdruck einer Meduse auf kambrischem Sandstein Schwedens	36
Kambrische Trilobiten	37
Nereites cambrensis; Kriechspuren einer lebenden Purpura lapillus auf weichem Thonschlamm	38
Olenellus Kjerulfi	39
Transgression des Potsdam-Sandsteins über Granit	40
Eingerollte Trilobiten aus Silur und Devon	42
Bohemilla stupenda; isolierte Hypostome böhmischer Trilobiten; Kopf eines Trilobiten	43
Die Augen der Trilobiten	43
Calymene senaria	44
Agnostus und Sao hirsuta	45
Trilobitenlarven des Kambriums	46
Triarthrus Becki	46
Schnitt durch eine hornige Schale von Lingula	47
Kalkschalen von Brachiopoden	47
Brachiopodenschalen	48
Schale einer Waldheimia; lebende Exemplare von Terebratula; lebende Lingula	48
Lingula Lewisi; Discina	49

[1] Größenangaben sind nur dann gemacht worden, wenn eine auffallende Vergrößerung oder Verkleinerung vorlag; bei geringfügigen Abweichungen jedoch oder bei Wiedergabe in natürlicher Größe ist jede Bemerkung unterblieben.

Digitized by Google

	Seite
Fordilla Troyana	49
Cystosoma Neptuni; Willemoesia crucifera	50
Foraminiferensteinkerne aus dem Glaukonitsand von St. Petersburg	51
Lebende Foraminifere	52
Lebende Radiolarie	53
Heliosoma Roemeri	53
Lebender Kieselschwamm	54
Kieselnadeln von Tetraktinelliden	55
Nadelgerüst eines Hexaktinelliden	55
Silurische Kieselschwämme	56
Lebendes Korallentier (Aktinie)	57
Koralle mit innerem Achsenskelett	57
Schema des Wachstums der Tetrakorallien	58
Kelch von Menophyllum	58
Stromatopora aus dem Silur	59
Heliolithes porosus; Heliopora Partschi; Heliopora coerulea	59
Paläozoische Tabulaten	60
Silurische Graptolithen	61
See-Igel-Stacheln	62
Lebende und silurische Krinoiden	63
Schematische Darstellung eines verwickelt gebauten Krinoidenkelches; lebender Pentacrinus; Kelchdecke des lebenden Hyocrinus	64
Agelacrinus aus amerikanischem Untersilur	65
Silurische Cystideen	65
Porenrauten v. Cystideen; Botriocidaris Pahleni	66
Silurische Seesterne und Cystideen	66
Conodonten; Annelidenkiefer	67
Tentaculites; Tentakulitengestein; Cornulites	68
Orthisina und Orthis aus dem Silur	69
Orthiden in verschiedenen Stellungen	69
Antipleura aus dem böhmischen Silur	70
Rhynchonellen	70
Silurische Schnecken	71
Conularia aus dem Silur	72
Gemeiner Tintenfisch, lebend	73
Ascoceras; Durchschnitt der Schale von Nautilus pompilius	74
Silurische Trilobiten	75
Silurische Nautiliden	76
Trinucleus Goldfussi; Staurocephalus Murchisoni; Deiphon Forbesi	77
Trilobiten aus böhmischem Silur	78
Eurypterus und Stylonurus	79
Eurypterus Fischeri	80
Stylonurus Powriei	81
Slimonia acuminata; junge Exemplare von Limulus (Molukkenkrebs)	82
Paläozoische Xiphosuren	83
Silurische Ostrakoden	84
Cirripedier aus Silur und Kreide	85
Ceratiocaris; Peltocaris	86
Eine Dudleyplatte	92
Profil des Berges Kinnekulle am Wenersee in Schweden	93
Gewundene Kalkschichten des böhmischen Silurs	94
Idealprofil der mittelböhmischen Silur- und Devon-Ablagerungen	95
Durchschnitt durch eine „Kolonie" von Barrande	96
Calceola sandalina	99
Devonische Krinoiden aus der Eifel	100
Uncites gryphus	101
Stringocephalus Burtini	102
Schalenanfänge und erste Kammerscheidewände von Ammoniliden	103
Schalenanfänge von Nautiliden	104
Zunahme der Loben-Komplikation eines Ammonitidenstammes	105
Devon-Goniatiten	106
Clymenien aus schlesischem Oberdevon	107
Cladodus Fyleri; Holoptychius, Osteolepis	108
Coccosteus	109
Dipterus Valenciennesi; Acanthodes	110
Cephalaspis Lyelli; Pteraspis	111
Pterichthys, Palaeospondylus Gunni	112
Durchschnitt durch das Mitteldevon der Eifel	115
Riffkalk der Karnischen Alpen: Seekopf und Wolayer See	116
Pterygotus anglicus	117
Alter roter Sandstein von der englischen Küste	118
Fusulina cylindrica, Woodocrinus	122
Codonaster, Pentatrematites florealis; Melonites multiporus	123
Palaechinus elegans; Innenseite der kleinen Schale von Productus	124
Productus longispinus, Productus semireticulatus, Productus horridus	125
Posidonomya Becheri; Nautilus Koninckl, Phillipsia	126
Dekapoden aus der Kohlenformation; Acanthotelson Stimpsoni	127
Bostrichopus antiquus	128
Unterkiefer des lebenden Cestracion; Kauplatten von Cochliodus	129
Lebender Barramunda; Schädel von Archegosaurus Decheni	130
Dolichosoma, ein Stegocephale	131
Schädel von Anthracosaurus	132
Branchiosaurus amblystomus, Pelosaurus laticeps, Branchiosaurus amblystomus, Schädel der Larve mit bezahnten Kiemenbogen, Kiemenbogenapparat von Branchiosaurus amblystomus	133
Leaia, Pupa vetusta; lebende Blatta-Art, Blattina abnormis	134
Protophasma; Lithomantis carbonaria	135

Digitized by Google

	Seite
Eugereon Boeckingi, Cyclophthalmus senior	136
Eophrynus Prestwichi	137
Protolycosa anthracophila, Xylobius Mazoanus	138
Lebendes Farnkraut mit den Fruchthäufchen	139
Stammstück von Archaeocalamites radiatus, Annularia, Sphenophyllum	140
Farne der Kohlenformation	141
Selaginella spinulosa	143
Stammstück von Lepidodendron Sternbergi; Cordaites, ein Gymnosperme	144
Noeggerathia aus der Kohlenformation	145
Aufschluß der Kohlenformation von South Joggins	148
Gangamopteris cyclopteroides	158
Glossopteris indica	159
Blockführende Ablagerungen der Talchirschichten	160
Conularia laevigata	161
Kolonie von Fenestella retiformis, ein Stück von Synocladia virgulacea	164
Strophalosia Goldfussi; Konchylien aus thüringischem Zechstein	165
Gampsonychus aus dem Rotliegenden	166
Palaeoniscus Freieslebeni	167
Palaeohatteria longicaudata	168
Oldhamia decipiens; Cyclolobus Oldhami, Xenodiscus plicatus	169
Tetracidaris aus der unteren Kreide	172
Voltzia heterophylla	173
Querschnitt durch den Zahn eines großen Stegocephalen	174
Eine Platte mit Chirotherium-Fährten und Austrocknungssprünge; eine einzelne Fährte in schwacher Verkleinerung	175
Encrinus liliiformis aus dem oberen Muschelkalk; Kalkstein, aus Stielgliedern von Encrinus gebildet	176
Bezeichnende Muscheln und Brachiopoden des Muschelkalks; Neusticosaurus aus der Lettenkohle von Ludwigsburg	177
Ceratites nodosus; Ceratodus Forsteri, Ceratodus Sturi, Pemphix Sueuri	178
Schädel von Capitosaurus	179
Belodon aus dem Keupersandstein von Stuttgart; Schädel von Belodon	180
Sandsteinblock mit zahlreichen Exemplaren von Aëtosaurus	181
Zahn von Microlestes; Zahn von Triglyphus	182
Rätische Muscheln	183
Fährten aus Connecticutsandstein	184
Brontozoum-Fährte und „Regentropfen" aus dem Connecticutsandstein; Pareiasaurus Baini aus der Karrooformation	185
Südafrikanische Anomodonten- und Theriodontenreste	186
Südafrikanische Theriodontenreste; Schädel von Tritylodon aus der Karrooformation Südafrikas	187
Dromatherium silvestre	188
Lobites delphinocephalus	189
Loben von Pinacoceras Metternichi	190
Arcestes intuslabiatus	191
Trachyceras Aon	192
Daonella Lommeli	193
Tiarechinus princeps	194
Gyroporella aus der alpinen Trias	195
Der Schlern bei Bozen	199
Cassianer Fossile (Schnecken der Triasformation)	200
Radiolarien aus dem Lias	208
Kieselnadeln verschiedener Spongien	209
Verschiedene Spongien aus Jura und Kreide	210
Aufeinanderfolge der Septa bei Hexakorallien, ein Hexakorallienkelch; Montlivaultia	211
Pentacrinus briaroides	212
Kolonie von riesigen Pentacrinen	213
Scheitelapparat verschiedener Saleniden; Apiocrinus, Cidaris coronata	214
Stacheln verschiedener Cidariden	215
Hemicidaris mit teilweise erhaltenen Stacheln	216
Irreguläre See-Igel der Juraformation	217
Terebratula janitor	218
Phylloceras Zetes	219
Lytoceras fimbriatum	220
Aptychus lamellosus	221
Belemnites Calloviensis	222
Krebse des Solnhofener lithogr. Schiefers	223—225
Wasserjungfer aus dem Jura	225
Käfer aus dem unteren Lias	225
Leptolepis; Lepidotus gigas	226
Schädel von Ichthyosaurus; Ichthyosaurus	227
Ichthyosaurus quadriscissus; Ichthyosaurus, rekonstruiert	228
Skelett von Plesiosaurus	229
Schädel v. Teleosaurus; Teleosaurus, restauriert	230
Rhamphorhynchus, Skelett von Pterodactylus	231
Finger einer Fledermaus; vorderer Teil des Flügels von einem gewöhnlichen Vogel	232
Flügel von Pterodactylus; Brontosaurus	233
Iguanodon aus dem Wealden	234
Ceratosaurus; Fährten von Iguanodon	235
Becken und Fuß von Camptonotus dispar	236
Compsognathus aus dem lithograph. Schiefer	237
Archaeopteryx, Londoner Exemplar	238
Archaeopteryx, Berliner Exemplar	239
Unterkiefer von Amphitherium	240
Ammoniten aus dem unteren Lias	244
Ammoniten des oberen und mittleren Lias	245
Gryphaea arcuata; Amaltheus margaritatus	246
Mitteljurassische Ammoniten	247

Digitized by Google

	Seite
Kelloway-Ammoniten	248
Glypticus hieroglyphicus; oberjuraſſiſche Ammoniten	249
Ruſſiſche Jurafoſſile	257
Karte der geograph. Verbreitung des Jurameeres	263
Schlämmrückſtand von weißer Kreide	267
Die Baſtei in der Sächſiſchen Schweiz	269
Artocarpus Dicksoni, Aralia proxima, Magnolia palaeocretica, Salix assimilis, Araliaephyllum obtusilobum, Aceriphyllum aralioides, Sapindopsis magnifolia	273
Coeloptychium aus der oberen Kreide	275
Marsupites ornatus; Cyclolithes	276
Toxaster complanatus, Ananchytes ovatus, Micraster coranguinum	277
Exogyra columba; Inoceramus concentricus	278
Hippurites cornu vaccinum, Hippurites radiosus	279
Actaeonella aus der oberen Kreide	280
Crioceras Roemeri, Belemnitella mucronata, Scaphites spiniger, Aptychus	281
Clidastes, ein Moſaſauride	283
Schädel von Pteranodon	284
Hesperornis regalis	285. 286
Ichthyornis aus der oberen Kreide	287
Neokom-Ammoniten	292
Gault-Ammoniten	294
Pyrgulifera; Stomatopsis	300
Tertiäre Nummuliten	304
Echinanthus scutella; Linthia Heberti	305
Hemiaster cavernosus; Clypeaster grandiflorus	306
Tertiäre Muſchel mit Mantelbucht; aufgebrochenes Exemplar von Clypeaster aegyptiacus	307
Cancer quadrilobatus	308
Prodryas Persephone; tertiäre Schmetterlingsreſte	309
Lebende Phryganidenlarve, Induſienkalk	310
Tertiäre Cycloſtomiden; tertiäre Süßwaſſerpulmonaten	311
Tylopoma avellana, Paludina Fuchsi, Paludina Herbichi, Paludina (Tulotoma) Sturi, Paludina (Campeloma) Pilari	312
Didelphys Parisiensis, Cuvier's Exemplar	315
Schädel von Pferd und Coryphodon	317
Schädel von Palaeotherium; verſchiedene Typen von Backenzähnen	321
Hände von Hippopotamus, Dicotyles und Elotherium	323
Rechte Oberkieferzähne von Pterodon	326
Schädel eines Wolfes, Schädel eines Beutelwolfes, Unterkiefer eines Beutelwolfes	327
Oberkiefer von Wolf, Amphicyon, Hyaenarctos, Aëluropus und Ursus	328
Oberkiefergebiß von Ictitherium Orbignyi, Ictitherium robustum, Ictitherium hipparionum und Hyaena eximia	329
Schädel von Machairodus (Smilodon) neogaeus	330
Schädel von Necrolemur aus dem Oligocän	331
Mesopithecus Pentelici	332
Unterkiefer von Dryopithecus Fontani	333
Linker Oberſchenkelknochen von Pithecanthropus erectus und vom Menſchen	334
Schädeldach von Pithecanthropus erectus und von Anthropopithecus troglodytes	335
Phenacodus primaevus	336
Vorderfuß von Elephas und von Coryphodon	337
Skelett des Klippdachſes	338
Dinoceras mirabile	339
Tinoceras ingens	340
Palaeotherium magnum	341
Titanotherium (Brontotherium) ingens	342
Hinterfüße von Palaeotherium, Anchitherium, Hippotherium und Pferd	343
Lebendes Pferd mit überzähligem Huf	344
Die amerikaniſche Stammreihe der Pferde	345
Anthracotherium magnum	346
Hand eines Schafes, Hand von Hyaemoschus, Hand vom Hirſch	347
Helladotherium Duvernoyi	348
Geweih eines tertiären Gabelhirſches, Geweih eines miocänen Gabelhirſches, Gehörn eines jungen Gabelbockes	349
Tragoceras amaltheus	350
Sivatherium aus den oſtindiſchen Sivalikbildungen	351
Schädel von Dinotherium giganteum	352
Mastodon angustidens	353
Zähne von Maſtodonten und Elefanten	354
Backenzahn eines Mammuts und eines afrikaniſchen Elefanten	356
Toxodon platensis	358
Tillotherium fodiens	360
Zahnkeime aus dem Kiefer eines embryonalen Bartenwales	361
Opilionide aus dem Bernſtein	364
Verſchiedene Bernſteininſekten	365
Nummulitenkalk der Tertiärformation	367
Tertiärpflanzen von Grönland	382
Scutella aus dem unteren Miocän	388
Meereicheln oder Balanen	389
Pteropodenſchale aus dem Schlier	390
Kalkabſondernde Alge aus dem Leithakalke	391
Cerithium rubiginosum	394
Sarmatiſche Konchylien	395
Pontiſche Congerien	398
Miocäne und pliocäne Melanopſiden	399
Dreyssensia polymorpha	400

Digitized by Google

	Seite
Formenreihe abändernder Paludinen	403
Jungtertiäre Süßwasserschnecken	404
Paludina Margeriana	405
Die Höttinger Breccie bei Innsbruck	426
Karte der Verbreitung des nordeuropäischen Binneneises	430
Kamm der Endmoräne bei Rosenberge	433
Die baltische Endmoräne in der Neumark	434
Der Große Teich, Moränensee im Riesengebirge	438
Der Fellasee bei Schmecks in der Tatra	439
Lößschnecken	440
Saiga-Antilope, lebend	441
Pferdespringer, lebend	442
Das Petersburger Mammut-Skelett	445
Kopf von Rhinoceros Merckii	446
Skelett von Rhinoceros antiquitatis	447
Schädel von Elasmotherium	448
Skelett des irischen Riesenhirsches	449
Schädel des Urstieres	450
Schädel des Höhlenbären	452
Karte der Verbreitung des Diluvialeises in Nordamerika	459
Baumstachelschwein, lebend	464
Megatherium aus den Pampasthonen	465
Panochtus, ein Glyptodonte	467
Schädel von Diprotodon u. Thylacoleo carnifex	469
Dinornis aus dem Diluvium Neuseelands	470
Verbreitung der jungen Kettengebirge	481
Tektonische Skizze der Gebirge Europas	484
Glarner Doppelfalte: die Mannen	490
Die Molassenzone nördlich von Unterammergau	491
Die Klippen von Czorstyn	503
Die Tatraspitze	506
Die Adersbacher Steine	513
Durchschnitt durch den Weald	519
Die Tempelberge auf Spitzbergen	521
Der Kiangurpaß im Himalaya	533
Der Lilang in Kaschmir	534
Die überschobene Falte und Profile durch die überschobene Falte der Elk Mountains	542
Salz- und Gipsfelsen der Stadt Amb in der Salzkette, Ostindien	549
Abbauweise in Wieliczka	551
Salzlager von Deesackna, Siebenbürgen	552
Salzlager von Staßfurt	553
Ein Staßfurter Steinsalzblock	554
Fossile Baumstämme auf der Decke des Kohlenflözes von Grube „Marie II", Senftenberg	561
Durchschnitt des Kohlenflözes im Lagerschacht bei Kladno	568
Durchschnitt durch das Kohlenrevier von Kladno in Böhmen; Profil über den östlichen Teil des Kohlenbeckens von Le Creuzot	569
Durchschnitt durch das Kohlenfeld an der Worm bei Aachen	570
Durchschnitt durch das Kohlenrevier von Valenciennes	572
Zusammenschiebung der Kohle („Große Masse") im Kohlenfelde von Saint-Etienne; Profil durch den östlichen Teil des ersten Anthracitbassins von Pennsylvanien	573
Karte des Anthracit- und Kohlengebietes von Pennsylvanien	574
Flözausbiß der Grube Hollywood in Pennsylvanien	575
Nordböhmischer Braunkohlentagbau bei Dux	577
Springquelle in Baku, Kaukasus	582
Verschiedene Arten von Erzgängen	589
Lagenförmige, symmetrische Anordnung der Gangfüllung im Drei-Prinzen-Spatgang bei Freiberg	590
Durchschnittt durch die Obere Mine in Cherokee Flat, Kalifornien	593
Hydraulische Goldwäsche in Montana, Nordamerika	594
Durchschnitt des Comstockganges, Nevada	595
Die Goldfelder von Stawell in Victoria	596
Durchschnitt eines Ganges der Wawerley Mine in Victoria	597
Die Weltproduktion von Edelmetall (1880)	601
Gänge von Przibram in Böhmen	604
Kupferlagerstätte am Oberen See	609
Die Kupferschmelzen von Rio Tinto	610
Das Rammelsberger Kupfererzlager	611
Kupfererzvorkommen von Szaszka in Banat	612
Höhlenfüllung im Dolomit am oberen Mississippi	615
Durchschnitt durch die Eureka-Mine, Nevada	616
Eisen-, Blei- und Zinkvorkommen in Oberschlesien	618
Blei-Zinklagerstätte von Welkenraedt	619
Imprägnation mit Zinnerz in East Huel Lovell	621
Zinnseifen von Banka	622
Graphische Darstellung der Zinnproduktion von 1400 bis 1880	623
Eisensteinflöze in böhmischem Silur	625
Das Eisensteinflöz von Nutschitz in Böhmen	626
Spateisensteinlager des Hüttenberger Erzberges	627
Etagenbau am Erzberg in Eisenerz, Steiermark	628
Der Eisenerzdistrikt von Negaunee	629
Erzfelsen am Katschkanar im Ural	630
Bohnerzvorkommen in der Wochein, Krain	631
Schlifformen der Edelsteine	637
Die größten Diamanten	641
Die Marmorbrüche von Carrara	651
Ein Phosphoritknollen aus Podolien	657
Graphitlager zu Wolmersdorf in Niederösterreich	660

Digitized by Google

Beschreibende Geologie.

Digitized by Google

Digitized by Google

I. Historische Geologie.

1. Einleitung in die historische Geologie.

Inhalt: Geologische Altersbestimmung. — Geologische Formationen. — Paläontologische Methode der Altersbestimmung. — Lückenhaftigkeit der Überlieferung; Zonengliederung. — Die Fossilreste. — Physische Geographie früherer Perioden. — Feldgeologie.

Geologische Altersbestimmung.

Wir haben im ersten Bande die geologischen Vorgänge kennen gelernt, die bildend, umgestaltend und zerstörend die Beschaffenheit der Erdrinde beeinflussen und in steter Wechselwirkung den Umfang und das Relief der Festländer, die Lage der Meeresbecken bestimmen. Wir haben ferner gesehen, wie die verschiedenen Gesteine entstehen und im Laufe ungeheurer Zeiträume sich verändern. Es ist das die Grundlage, auf der die Geologie weiterzubauen im stande ist, und es erwächst ihr nun die Aufgabe, zu untersuchen, wie sich jene Vorgänge, deren Natur uns jetzt in ihren allgemeinen Zügen bekannt ist, in Wirklichkeit zugetragen haben. Wir müssen die einzelnen Abschnitte der Erdgeschichte kennen zu lernen suchen, wir müssen das Verhältnis von Meer und Festland in jedem Alter zu verfolgen trachten und die wichtigsten Umgestaltungen der Oberflächenverhältnisse verzeichnen. Eine lange Kette einzelner Phasen führt auf diese Weise Schritt für Schritt von einer frühen Urzeit mit ihren fremdartigen Verhältnissen allmählich zu der heutigen Entwickelung herüber, die wir als das endliche Ergebnis aller Veränderungen in der Vorzeit erkennen; es ist das die Aufgabe der historischen Geologie oder Stratigraphie (von stratum, die Schicht).

Indem wir uns dieser Aufgabe zuwenden, wird es notwendig, einen Gegenstand, der bisher nur beiläufig Erwähnung fand, eingehender zu betrachten, nämlich die Tier- und Pflanzenwelt der alten Perioden. Soll ein lebensvolles Bild des ehemaligen Zustandes unseres Planeten hervortreten, so dürfen wir nicht nur die toten Massen ins Auge fassen, sondern wir müssen auch die Bevölkerung des Meeres und des Festlandes kennen lernen. Wir begegnen zuerst einer Epoche, in der niederes Tierleben, teilweise von durchaus fremdartiger Form, existiert, dazu gesellen sich Fische, später Amphibien; dann folgt ein langer Zeitraum, während dessen Reptilien in unglaublicher Mannigfaltigkeit Land und Meer bevölkerten und die Herren der Schöpfung waren. Diese gewaltigen Tiere nahmen jene Plätze ein, die heute Säugetiere und Vögel im Haushalte der Natur besetzt halten. Mächtige Saurier schwammen im Ozean wie heute die Walfische, riesige Tiere derselben Klasse belebten, teils auf allen vieren sich fortschleppend, teils

Digitized by Google

auf den Hinterbeinen wandelnd, die Wälder wie heute die großen Säugetiere in den Tropenregionen, und durch die Luft glitten, von ihren Flughäuten getragen, die eidechsenartigen Pterodaktylen, bizarre und über alle Beschreibung häßliche Geschöpfe.

Auch die Pflanzenwelt trug einen fremden Charakter; keine Blüte war noch vorhanden, Farnkräuter, Schachtelhalme, Bärlappgewächse und ihnen verwandte, aber heute ausgestorbene Typen, wie die Siegel- und Schuppenbäume, bildeten die Wälder. Später gesellten sich Nadelhölzer und Sagopalmen zu ihnen, und endlich erschienen auch blühende Gewächse. Bald darauf erfolgt ein überraschender Rückgang der Reptilien. An ihrer Stelle nehmen Säugetiere und Vögel schnell überhand, und mögen auch namentlich unter jenen noch manche Formen fremdartig genug erscheinen, so ist doch der Hauptsache nach die Beschaffenheit der Tier- und Pflanzenwelt der ähnlich, die wir heute in den äquatorialen Gegenden finden. Mehr und mehr nähert sich in einer ununterbrochenen Kette von Erscheinungen die Schöpfung dem heutigen Zustande.

Die Betrachtung der ausgestorbenen Tier- und Pflanzenwelt liefert uns aber nicht nur die Staffage für die geologischen Bilder aus der Vorzeit, sie gibt uns auch das unentbehrliche Hilfsmittel für das Verständnis der alten Gesteinsbildungen und ihrer Aufeinanderfolge, für den Vergleich der geschichteten Massen in verschiedenen Gegenden an die Hand. Die Grundlage für alle Untersuchungen der historischen Geologie bildet die Lagerung der Gesteine; wenn wir an irgend einem Punkte eine Reihe aufeinander folgender Schichten entblößt sehen, so ist stets, von etwaigen Überkippungen oder Überschiebungen abgesehen, die oberste Bank die jüngste, die zu unterst liegende die älteste, wir erhalten auf diese Weise die Altersfolge der Schichten und der in ihnen enthaltenen Versteinerungen. Allein wenn auch diese Art der Untersuchung das Fundament aller historischen Geologie bildet, so bliebe unser Wissen doch sehr unvollständig, wenn nur dieser eine Weg offen stünde. Wir hätten eine Menge einzelner lokaler Schichtfolgen, die wir nicht miteinander vergleichen und verbinden könnten; niemals wäre es möglich, aus solchen Elementen eine allgemeine Auffassung und einen Einblick in die Gesetzmäßigkeit der Aufeinanderfolge zu gewinnen, zumal da kein Punkt auf der Erde bekannt ist, wo eine ununterbrochene und lückenlose Aufeinanderfolge von Ablagerungen aus allen Abschnitten der Erdgeschichte vorhanden wäre.

Wenn wir also eine möglichst vollständige Kenntnis der Aufeinanderfolge erhalten wollen, so brauchen wir dazu Mittel, wonach gleichalterige, aber räumlich voneinander getrennte Ablagerungen als zusammengehörig erkannt und von denen anderen Alters unterschieden werden können. Man verwendet hierzu das Vorkommen fossiler Organismenreste; man hat sich überzeugt, daß die Ordnung, in der die einzelnen Tier- und Pflanzenschöpfungen aufeinander folgen, in verschiedenen Gegenden in der Hauptsache dieselbe ist, und man schließt daher unter gewissen Voraussetzungen aus übereinstimmenden Versteinerungen auf gleiches, aus nicht übereinstimmenden Versteinerungen auf abweichendes Alter der Schichten.

Wir werden über den Wert dieser Methoden zum Vergleiche räumlich getrennter Ablagerungen noch eingehend sprechen; hier ist zunächst nur von Bedeutung, daß man auf diesem Wege die den gleichen Abschnitten der Erdgeschichte angehörigen Ablagerungen an entfernten Punkten wiedererkennen und so alle die einzelnen lokalen Vorkommnisse miteinander vergleichen kann. Da sich diese gegenseitig ergänzen, so kann man eine ideale Reihenfolge der Ablagerungen von den ältesten Zeiten bis auf den heutigen Tag kombinieren, ein System der Ablagerungen, in das alle beliebigen Gebilde eingepaßt werden können. Man unterscheidet vier Hauptperioden; diese werden dann wieder in wenige große Abschnitte geteilt. Die nicht sehr passend gewählte Bezeichnung Formation für die Unterabteilungen hat man in neuerer Zeit durch „System" zu ersetzen gesucht.

Digitized by Google

Geologische Formationen.

Die Reihenfolge der Ablagerungen, wie sie jetzt angenommen wird, ist folgende:

IV. Känozoische Periode.	III. Mesozoische Periode.	II. Paläozoische Periode.	I. Archäische Periode.[1]
11) Jetztzeit.	8) Kreideformation.	5) Permformation.	
10) Quartärformation oder Diluvium.	7) Juraformation.	4) Kohlenformation.	
9) Tertiärformation.	6) Triasformation.	3) Devonformation.	
		2) Silurformation.	
		1) Kambrische Formation.	

Die eigentliche Grundlage dieser Einteilung bildet die geologische Formation. Wir müssen uns daher zunächst mit ihr beschäftigen und untersuchen, was eine solche Formation denn eigentlich ist. Daß man so die elf Hauptabschnitte der versteinerungsführenden Schichten bezeichnet, ist doch nur eine sehr äußerliche Bestimmung des Begriffs, die über das Wesen der Sache sehr wenig Aufschluß gibt, und mit Recht wird man Auskunft verlangen, wodurch die Zusammengehörigkeit der Glieder einer Formation und ihre Verschiedenheit von älteren und jüngeren Gebilden erwiesen wird, mit Einem Worte, was denn das Wesen einer geologischen Formation ist.

Leider ist die Wissenschaft heute noch nicht im stande, über den letzten, wichtigsten Punkt eine befriedigende Auskunft zu geben. Im vorigen Jahrhundert teilten Füchsel und Lehmann die Ablagerungen der mitteldeutschen Gebirge in Formationen ein, und von ihnen übernahm Werner, der Vater der Geologie, diesen Begriff. Nach seiner Ansicht war einst in der Vorzeit alles Material, das heute die geschichteten Ablagerungen bildet, im Meerwasser gelöst oder schwebend suspendiert, und diese festen Teile schieden sich dann allmählich aus, indem sie nach Maßgabe ihrer Schwere der Reihe nach zu Boden sanken. Dieser Prozeß sollte gleichmäßig über die ganze Erde stattgefunden haben, so daß überall dieselben Schichtgesteine in derselben Reihenfolge auftreten. So kam es, daß Werner der Ansicht war, die im Bereiche des Erzgebirges beobachteten Gesteinsformationen, z. B. die Formation des älteren und jüngeren Flözkalkes, des toten Liegenden 2c., könnten in gleichmäßiger Entwickelung über die ganze Erde verfolgt werden. Da es sich aber bald herausstellte, daß diese Klassifikation nicht für alle Bildungen ausreiche, so wurden noch einige eingeschoben, z. B. die Formation des Jurakalkes, die Silur-, die Devonformation und andere, während manche der Wernerschen Abteilungen, denen keine hinreichende Wichtigkeit zuzukommen schien, zu einer größeren Einheit zusammengezogen wurden.

Beim Fortschreiten der Geologie konnte es nicht lange verborgen bleiben, daß Werners Auffassung und Einteilung vielfach auf falschen Voraussetzungen beruhen. Man gab aber sein System nicht auf, sondern suchte es besser zu begründen und umzuformen, indem man nun dem Vorkommen der Versteinerungen in den verschiedenen Ablagerungen Aufmerksamkeit schenkte und deren gesetzmäßige Verteilung erkannte. Auf Grund solcher Beobachtungen griff in der historischen Geologie mehr und mehr die Überzeugung Platz, daß die Erde im Verlauf langer Zeiträume in mehrmaliger Folge von vollständig voneinander verschiedenen Tier- und Pflanzenschöpfungen bedeckt war, und daß jede dieser Veränderungen ihre Spuren in den fossilführenden Ablagerungen hinterlassen habe. Der Begriff der Formation erhielt dabei eine durchaus paläontologische Begründung; man verstand darunter einen Abschnitt, der durch ganz selbständige Fauna und Flora ausgezeichnet ist. Den schärfsten Ausdruck erhielt diese Auffassung durch Cuvier, der annahm, daß am Ende einer jeden Formation durch eine furchtbare Katastrophe alles organische Leben vernichtet und nach Wiedereintritt der Ruhe durch eine vollständige Neuschöpfung

[1] Über Bedeutung und Ursprung der einzelnen Ausdrücke vgl. Bd. I, S. 33.

Digitized by Google

ersetzt worden sei. War somit der Schwerpunkt der Unterscheidung zwischen den Formationen ganz auf paläontologisches Gebiet verlegt, so versuchte ein anderer französischer Forscher, Elie de Beaumont, dem geologischen Element wieder größeren Einfluß auf die Abgrenzung zu verschaffen, indem er die plötzliche Erhebung von Gebirgen als die Ursachen jener Katastrophen bezeichnete, die periodisch die Tier- und Pflanzenwelt vernichteten.

Auf diesem Standpunkte der Entwickelung unserer Wissenschaft stellt die geologische Formation etwas in der Natur durchaus fest Begründetes dar, Schwankungen der Ansichten über ihre Zahl und Unterscheidung wären lediglich aus der Unvollkommenheit unserer Erkenntnis zu erklären, thatsächlich aber würde die ganze Erdgeschichte in eine beschränkte Anzahl aufs schärfste voneinander getrennter Perioden zerfallen. Allein auch diese Ansicht hat sich als irrig erwiesen. Zunächst fand man, daß sich auch innerhalb der einzelnen Formationen die Tier- und Pflanzenbevölkerung nicht gleich bleibt, sondern tiefgreifenden Veränderungen in deren Verlauf unterworfen ist, ein Verhältnis, das z. B. d'Orbigny veranlaßte, eine größere Anzahl von Abschnitten anzunehmen und die ganze Reihenfolge der fossilführenden Ablagerungen in 27 Stufen oder „Etagen" zu zerlegen; aber auch diese würden noch bei weitem nicht ausreichen, um all die aufeinander folgenden Entwickelungsphasen der Tierwelt zu unterscheiden. Auf anderem Gebiete überzeugte man sich, daß eine plötzliche Aufrichtung von Gebirgen nie stattgefunden hat, daß zerstörende Katastrophen, wie sie die Formationsgrenzen bezeichnen sollten, in der Geschichte der Erde seit dem Auftreten der Organismen überhaupt nie vorgekommen sind. Endlich ergab eine aufmerksame Untersuchung, daß auch die verschiedenen Formationen in ihrer Tier- und Pflanzenbevölkerung nicht so total voneinander verschieden sind, wie man lange Zeit hindurch geglaubt hatte.

In erster Linie war es das Studium der geologisch jungen Ablagerungen der Tertiärzeit, das Bresche in die Vorurteile legte. Man überzeugte sich, daß die jüngsten Meeresbildungen eine namhafte Zahl von Arten mit unseren jetzigen Meeren gemein haben, und daß sich deren Menge schrittweise vermindert, zu je älteren Ablagerungen man sich wendet. Wohl stießen diese Behauptungen auf den entschiedensten Widerspruch, eine Anzahl von Forschern behauptete, daß auch nicht eine lebende Art mit ganz übereinstimmenden Merkmalen fossil wiederzufinden sei; aber diese Meinungsverschiedenheit ist heute vollkommen ausgeglichen, und es gibt wohl niemand mehr, der an der Identität gewisser tertiärer Arten mit jetzt lebenden zweifelte.

Immer blieb aber noch die Thatsache bestehen, daß die älteren Formationen keine Arten untereinander gemein haben, und in der That ist diese bis auf ganz unbedeutende Ausnahmen kaum bestreitbar, wenn man sich mit dem Studium auf die Gegenden beschränkt, wo diese Abschnitte zuerst unterschieden wurden, d. h. auf die am besten und längsten bekannten Teile von Deutschland, Frankreich und England. Indes ist mit der Erweiterung der Kenntnisse auch dieses letzte Bollwerk der älteren Auffassung zu Falle gekommen; die Grenzen zwischen Trias und Jura und zwischen Jura und Kreide verschwimmen vollständig, sobald man auch die alpinen und russischen Ablagerungen mit in Betracht zieht. Böhmen, der Harz und die Südalpen liefern Bindeglieder zwischen Silur und Devon, Nordamerika und Syrien zwischen Kreide und Tertiär, und in anderen Gegenden stellen sich ähnliche Verhältnisse für andere Formationsgrenzen ein. Wenn wir z. B. die Grenzbildungen zwischen Jura und Kreide in den alpinen Gegenden betrachten, so sehen wir einen so allmählichen Übergang, daß es fast gleichgültig ist, ob man die Scheidelinie etwas höher oder tiefer annehmen will, während in Mitteleuropa zwischen beiden Formationen eine Unterbrechung der marinen Ablagerungen stattfand und daher eine außerordentlich scharfe Grenze vorhanden ist, die aber rein lokalen Verhältnissen ihren Ursprung verdankt.

In anderen Fällen verhält es sich ebenso. Wir kommen dadurch zu der Anschauung, daß die Formationen und ihre Unterscheidung nichts in der Natur Begründetes darstellen, und daß

Digitized by Google

in Wahrheit eine ganz ununterbrochene und allmähliche Entwickelung während der ganzen Dauer der geologischen Zeiträume seit dem ersten Erscheinen der Organismen stattgefunden habe, die wir rein künstlich der besseren Übersicht halber in Abschnitte einteilen. Die Abgrenzung der einzelnen Perioden, wie sie sich in der Geologie allmählich eingebürgert hat, stützt sich nach dieser Auffassung lediglich auf örtliche Eigentümlichkeiten eines verschwindend kleinen Teiles der Erdoberfläche; die einzelnen Unterbrechungen der marinen Schichtbildungen oder Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land, die in Mitteleuropa Platz gegriffen haben, geben die Scheidelinien zwischen den einzelnen Formationen ab.

Diese Auffassung, daß die Einteilung in Formationen rein künstlich ist, wird durch viele wichtige Gründe gestützt. Allerdings haben sich in neuerer Zeit Anzeichen einer Reaktion dagegen geltend gemacht. Es handelt sich dabei nicht etwa um eine Rückkehr zu der alten Katastrophentheorie, um Zweifel an der ununterbrochenen Dauer des organischen Lebens auf der Erde oder an dem Vorhandensein von Übergängen zwischen den einzelnen Formationen; es wird auch anerkannt, daß die Grenzen nur nach den Beobachtungen in einem kleinen Teile von Europa gezogen sind. Aber in mehreren Fällen zeigt es sich doch, daß jene Verschiebungen in der Verteilung von Wasser und Land, deren Spuren wir in unseren Gegenden finden, nicht auf diese beschränkt waren, sondern sich über sehr weite Bezirke erstreckten. Es ist deshalb die Frage aufgeworfen worden, ob solche über einen großen Teil der Erdoberfläche bemerkbare Veränderungen nicht zu einer naturgemäßen Abgrenzung der Formationen hinleiten können, und ob unsere jetzige Gliederung schon ganz oder teilweise auf solcher Basis richtig aufgeführt ist und sich daher auch bei ihrer weiteren Ausdehnung und Anwendung auf ferne Gegenden als den Verhältnissen gut entsprechend erweisen wird.

Die Entscheidung dieses Problems gehört sicher zu den wichtigsten Aufgaben der Geologie. Wir sehen z. B., daß an sehr vielen Punkten in weiten Arealen die Kohlenformation durch Süßwasserbildungen mit Kohlenflözen vertreten ist, daß gegen Ende der Trias, um die Mitte des Jura und zu Beginn der oberen Kreide die tiefgreifendsten Verschiebungen im Verhältnis von Wasser und Land stattgefunden haben; wenn es also gelingt, die Einteilung in Formationen durchgehends mit derartigen weitverbreiteten Erscheinungen in Verbindung zu bringen, so wird das ein sehr großer Fortschritt sein. Wir hätten dann ein naturgemäßes, auf wirklich geologischer Basis begründetes System, wir würden dann auch vielleicht einen Schluß auf die Gründe solcher Verschiebungen ableiten und untersuchen können, inwiefern sie auf die Gestaltung und Verbreitung der Organismen von Einfluß waren.

Es ist das, wie gesagt, eine der größten Aufgaben der Geologie, ein Problem, das wir stets im Auge behalten müssen, von dessen Lösung wir aber noch überaus weit entfernt sind. Für den Augenblick stehen wir praktisch noch auf dem Standpunkt, daß uns die Formationen nicht genauer definierbare, wahrscheinlich sehr ungleichwertige und auf das Studium mitteleuropäischer Lokalverhältnisse begründete Größen darstellen, die wir beibehalten, weil ein derartiges System ein Zweckmäßigkeitsbedürfnis ist und wir das jetzige durch ein besseres zu ersetzen vorläufig unvermögend sind. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt heute nicht in der Verfolgung dieser großen Hauptgruppen, sondern ihrer kleineren und kleinsten Abteilungen und zwar sehr mit Recht; denn erst aus einer genauen Kenntnis der einzelnen Teile läßt sich eine richtige Zusammenfassung ableiten.

Digitized by Google

Paläontologische Methode der Altersbestimmung.

Zum Vergleich verschiedener Ablagerungen aus räumlich voneinander entfernten Gegenden und zur Altersbestimmung liefern die Versteinerungen weitaus die besten Anhaltspunkte. Wohl kennen wir manche Fälle, wo ein geologischer Horizont in weit voneinander entlegenen Ländern in derselben Gesteinsentwickelung vorkommt; doch ist dies durchaus keine feststehende Regel, und wir erhalten durch solche Übereinstimmung nur wertvolle Fingerzeige, die der Bestätigung durch paläontologische Daten bedürfen, nicht aber für sich allein einen hinreichend sicheren Beweis abgeben können.

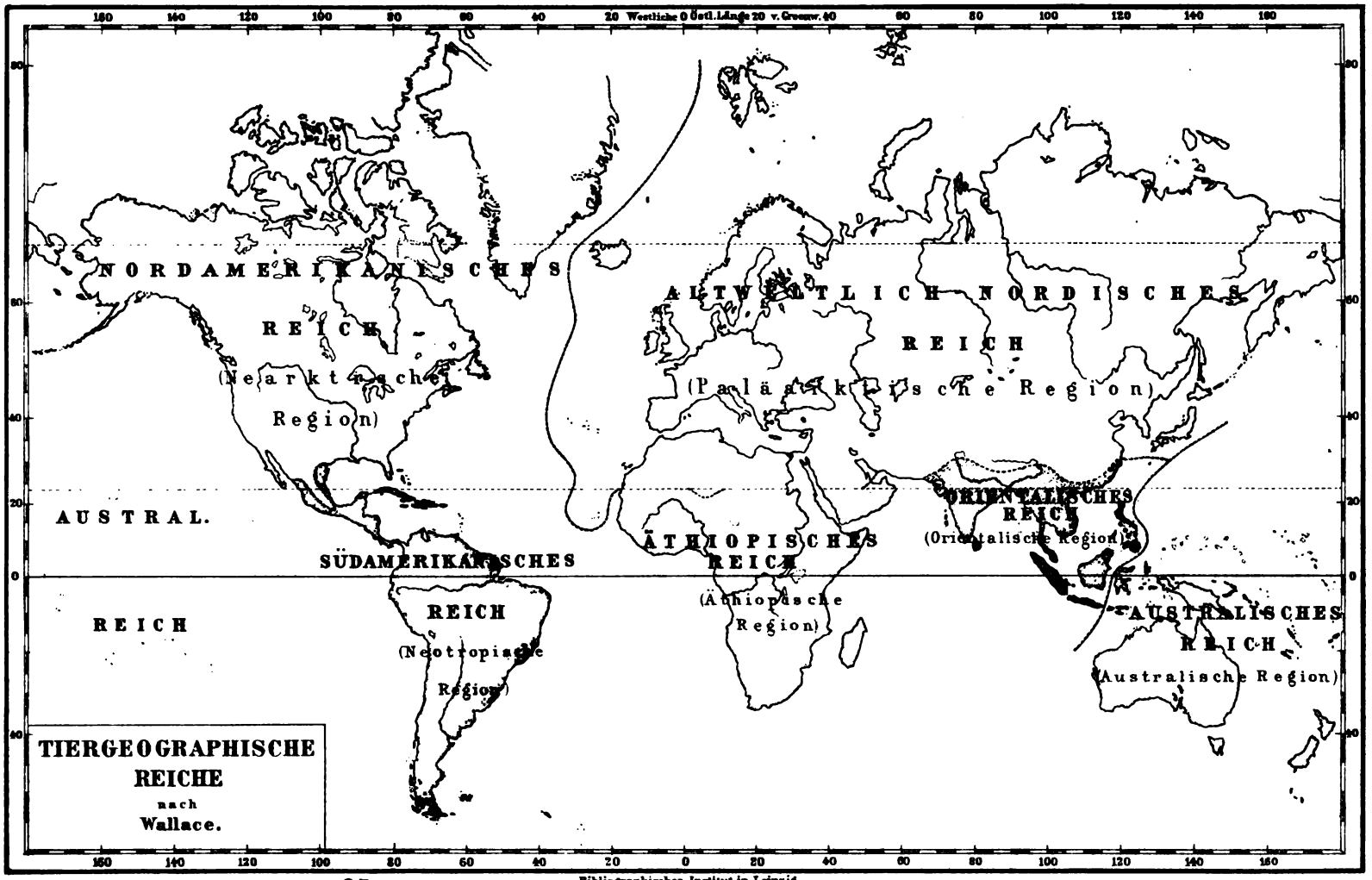
Für die Herstellung einer allgemeinen chronologischen Reihenfolge, eines stratigraphischen Systems, in das die lokalen Gebilde der verschiedensten Gegenden eingefügt werden können, gibt uns nur die paläontologische Methode die Hilfsmittel an die Hand. Wir gelangen dadurch zu einer langen Aufeinanderfolge einzelner fossilführender Horizonte, von denen uns jeder einzelne eine kleine, aber selbständige Phase in der Geschichte der Erde und ihrer Bewohner darstellt. Freilich ist auch bei der Altersbestimmung mit Hilfe der fossilen Tierreste große Vorsicht nötig, wenn sie nicht zu falschen Ergebnissen führen soll. Einige Zeit glaubte man die gleichalterigen Ablagerungen mittels einiger leicht kenntlicher und weitverbreiteter Arten, die auf bestimmte Horizonte beschränkt sein sollten und als Leitmuscheln oder Leitfossile galten, in allen Ländern ausfindig machen zu können. Allein diese einfache und leichte Methode ist als ungenügend erkannt worden, und es bedarf des sorgfältigsten Studiums einer großen Anzahl von verwickelten Verhältnissen, um richtige Schlüsse zu ziehen.

Wir dürfen uns hier natürlich nicht in die Einzelheiten solcher Gliederungen verlieren, sondern müssen uns darauf beschränken, die wichtigsten leitenden Grundsätze kennen zu lernen. Wie bei der Gebirgsbildung und den verschiedenen großen Erscheinungen der dynamischen Geologie, bieten auch hier die Verhältnisse in der Jetztzeit den einzigen sicheren Leitfaden in dem scheinbar unentwirrbaren Labyrinth der alten Ablagerungen und ihrer Tier- und Pflanzenwelt. Schon ein oberflächlicher Blick auf unsere Umgebung gewinnt den Eindruck der größten Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit, des raschen Wechsels zwischen kontrastierenden Vorkommnissen. In erster Linie sehen wir dreierlei verschiedene Wohnstätten des tierischen und pflanzlichen Lebens, das Festland, das süße Wasser und das Meer, jedes dieser Medien mit fast vollständig eigenartiger Bevölkerung, nur durch eine verhältnismäßig sehr geringe Zahl amphibischer Formen miteinander verbunden. Einen zweiten Grund weitgehender Verschiedenheit bilden die Verhältnisse der geographischen Verbreitung der Organismen, die durch klimatische Verhältnisse und durch die Isolierung der Wohnräume durch nicht oder nur unter Schwierigkeiten passierbare Schranken bedingt werden. Solche Schranken bildet das Meer zwischen Kontinenten und Inseln, bilden hohe Gebirgsketten zwischen den Tiefländern, weitgedehnte Wüstenstriche zwischen Regionen mit reichem organischen Leben. Umgekehrt stellen Kontinentalmassen für die Organismen des Meeres Grenzen der Verbreitung dar, und innerhalb des Meeres selbst sind die meisten Bewohner seichter Küstengewässer nicht im stande, die großen Meeresbecken zu überschreiten.

Infolge dieser Verhältnisse zerfallen die Meere wie die Festländer in eine Anzahl tier- und pflanzengeographischer Reiche und diese in Provinzen, deren jede durch eigentümliche Fauna und Flora ausgezeichnet ist. So sehen wir z. B. Australien charakterisiert durch die Menge seiner Beuteltiere, durch das Schnabeltier und den Ameisenigel, neben denen von anderen Säugetieren nur Fledermäuse als einheimische Formen vorhanden sind, während unter den Vögeln namentlich der Emu bezeichnend ist. Südamerika hat die Faultiere, Gürteltiere, die Ameisen-

Digitized by Google

Digitized by Google



Bibliographisches Institut in Leipzig.

Digitized by Google

bären, das Pekari, den Tapir, die Beutelratten und Affen mit 36 Zähnen und breiter Nasenscheidewand, endlich den dreizehigen Strauß (Rhea). In Afrika, südlich von der Sahara, finden wir menschenähnliche Affen, wie den Gorilla und Schimpanse, ferner die Paviane, Halbaffen, den Elefanten, das Rhinozeros, Flußpferd, die Giraffe, den Löwen, Erdwolf, das Erdferkel, Schuppentier, endlich unter den Vögeln den zweizehigen Strauß als besonders hervorragende Typen, eine Anzahl davon zusammen mit der indisch-malayischen Region (s. die beigeheftete „Karte der tiergeographischen Regionen").

In solcher Weise zerfallen alle Landmassen in eine Anzahl zoogeographischer Gebiete, auf deren Besprechung wir bei einer späteren Gelegenheit zurückkommen werden, und ähnlich gliedern sich auch die Pflanzenwelt und die Bevölkerung des Meeres. Bei dieser tritt namentlich die Einwirkung der Wärmeverteilung auf die Verbreitung sehr klar hervor, so daß man, entsprechend den klimatischen Zonen, auch Zonen mit ähnlichen Meerestieren, homoiozoische Gürtel, rings um die Erde verfolgen kann. Einer umfaßt die äquatorialen Regionen, und nördlich wie südlich von diesem folgen bis in die polare Region weiter noch je vier solcher Gürtel aufeinander. Überdies machen sich Unterschiede zwischen den großen Meeresbecken und innerhalb dieser zwischen der Bevölkerung der auf beiden Seiten gelegenen Küstengewässer geltend, die dann zur Unterscheidung einzelner Provinzen innerhalb der homoiozoischen Gürtel dienen. Auf diese Weise sehen wir auch im Meere eine sehr große Verschiedenheit der geographischen Faunengebiete und eine Menge von Provinzen bestehen; aber während sich auf dem festen Lande die gesamte Lebewelt nach diesen großen Zügen der Verbreitung gliedert, ist dies im Meere vorwiegend nur bei der Küsten- und Seichtwasserbevölkerung der Fall. Ganz anders verhält es sich bei den Bewohnern der größeren Meerestiefen; hier hat der wichtigste Faktor, das Vorhandensein von klimatischen Verschiedenheiten, keinen Einfluß, da am Grunde der weiten Meeresbecken in großer Tiefe überall eine ziemlich gleichmäßige kalte Temperatur herrscht. Infolgedessen bilden auch die mächtigen Kontinentalmassen keine Grenze für die Verbreitung der Tiefseetiere; sie sind im stande, z. B. aus dem Atlantischen Ozean vom Äquator um die Südspitze von Amerika in den Stillen Ozean zu gelangen, während das für einen den Temperaturschwankungen ausgesetzten Bewohner des seichten Wassers nicht möglich ist. In der That berichten auch die Zoologen der Challenger-Expedition, die im Stillen wie im Atlantischen Ozean, unter dem Äquator wie an der Grenze des polaren Eises ihre Schleppnetzuntersuchungen gemacht haben, daß die Fauna der Meerestiefen unter 500 Faden sehr gleichförmig ist und selbst in den größten Entfernungen nur geringe Unterschiede erkennen läßt. Fast ebenso große geographische Verbreitungsgebiete besitzen auch die pelagischen Schwimmer, jene Tiere, die weit vom Lande an der Oberfläche des Meeres schwimmend leben. Wir erkennen also in der geographischen Verteilung der Organismen in der Jetztwelt zwei kontrastierende Gruppen: die Bewohner des festen Landes, des süßen Wassers und der seichten Meeresteile sind an streng umschriebene Bezirke, wiewohl oft von großer Ausdehnung, gebunden, während die Bewohner des offenen und tiefen Meeres annähernd universelle Verbreitung haben.

Außer den bisher besprochenen, in großen Zügen auf den Charakter einwirkenden Bedingungen ist aber auch die Zusammensetzung der Bevölkerung eines jeden Standortes wesentlich von dessen örtlichen Verhältnissen beeinflußt. Jedermann weiß z. B., daß auf festem Lande eine sumpfige Niederung andere Tiere und Pflanzen beherbergt als eine Steppe, ein Waldland oder ein Hochgebirge. Auch die Vorkommnisse an einer Küste zeigen die größten Verschiedenheiten: auf schlammigem Thonboden ist eine andere Bevölkerung angesiedelt als auf sandigem oder kiesigem Grunde oder da, wo fester Felsen ansteht; klares Wasser bedingt andere Formen als trübes, der Salzgehalt, die Menge der vorhandenen Wasserpflanzen üben großen Einfluß; Steilküsten sind von anderen Tieren bewohnt als Flachküsten, brandendes Wasser beherbergt

Digitized by Google

Formen mit dickem, festem Gehäuse. Ebenso treten in verschiedenen Tiefenstufen verschiedene Organismen auf, und namentlich im seichten Gewässer der Ufer bringen schon Unterschiede von einigen Metern erhebliche Änderungen hervor, während in größeren Tiefen ein so rascher Wechsel nicht mehr stattfindet. Neben diesen Faktoren, deren Bedeutung sehr klar vor Augen liegt, wirken noch andere auf die lokale Entwickelung, deren Wesen wir nicht so leicht zu ergründen vermögen. So kommt es vor, daß die Tiere auf ganz gleichartigen Strecken des Meeresbodens nicht gleichmäßig verteilt, sondern einzelne Arten oder kleine Gruppen zu Gesellschaften vereinigt sind; an einem Punkte findet sich z. B. eine Form in vielen Tausenden von Exemplaren unter Ausschluß fast aller anderen, etwas weiter ist sie verschwunden, eine andere tritt in ähnlicher Menge auf, und so herrscht der bunteste Wechsel oft auf geringe Entfernung.

Alle diese großen Differenzen, die lediglich durch lokale Einflüsse, abgesehen von den großen Zügen der geographischen Verbreitung und der klimatischen Zonen, in der Vergesellschaftung und Entwickelung der Bevölkerung hervorgebracht sind, werden als Faciesverschiedenheiten bezeichnet. Es würde zu weit führen, hier auf eine Darstellung der verschiedenen Faciesverhältnisse einzugehen, von dem roten Schlamme, dem Globigerinen-, Radiolarien- und Diatomeensediment der Tiefsee bis zu den Schlamm- und Sandbildungen, zu den Korallenbauten des seichten Wassers. Die Tiefsee hat keine großen und dickschaligen Konchylien; die Schwämme mit Kieselgerüst, viele Krinoiden oder Seelilien, gewisse Gruppen von Seeigeln und die Mehrzahl der Einzelkorallen sind hier vorzugsweise vertreten. Große Korallenstöcke, dickschalige Seeigel, große, dickschalige Muscheln und Schnecken kommen fast nur in seichtem Wasser vor 2c.

Ebensolche Verschiedenheiten waren auch in den Meeren der Vorzeit vorhanden, und es ist natürlich, daß diese bei allen Versuchen, durch Vergleich der versteinerten Organismenreste das Alter der Ablagerungen zu bestimmen, von großer Wichtigkeit sind und eine Menge von Schwierigkeiten und Fehlerquellen veranlassen. In früherer Zeit war ihnen verhältnismäßig wenig Rechnung getragen worden, erst durch die Arbeiten von Greßly und später namentlich von Oppel hat man sie näher berücksichtigen gelernt, und die ganze Methode der historischen Geologie hat dadurch eine wesentliche Umgestaltung erfahren. Wenn wir z. B. die Bevölkerung einer Tiefseebildung, einer litoralen Sandablagerung und eines Korallenriffes eines und desselben geologischen Abschnittes betrachten, so haben diese vielleicht keine einzige Tierart miteinander gemein, ja selbst die Gattungen sind möglicherweise durchgehends andere. Wenn man dagegen etwa ungleichalterige Korallenriffe oder Schlammabsätze zeitlich nicht allzuweit voneinander entlegener Perioden unter sich vergleicht, so wird der ganze Habitus der Fauna merkwürdig gleich sein, dieselben Tiergruppen treten auf, die meisten Gattungen sind gemeinsam, und erst eine genaue Untersuchung zeigt dann, daß die einzelnen Arten einander zwar in der Mehrzahl ähnlich sind, aber doch alle oder großenteils in bestimmten Merkmalen voneinander abweichen. Wollte man hier ohne Rücksicht auf die geschilderten Verhältnisse Altersbestimmungen vornehmen, so würde man die gleichalterigen, aber in verschiedener Faciesentwickelung auftretenden Bildungen für Angehörige weit voneinander abstehender Perioden halten und anderseits z. B. im Alter verschiedene Korallenbildungen miteinander in Parallele bringen.

Solche Irrtümer sind auch in der That vorgekommen. So erscheinen in einem Teil von Norddeutschland, Nordfrankreich und England sehr ausgedehnte Korallenbildungen in einem ganz bestimmten Horizont des oberen Jura, den man infolgedessen als die Stufe des Korallenkalkes oder mit einem viel angewandten französischen Ausdruck als das Corallien bezeichnete. Ähnliche oberjurassische Korallenriffe fand man in verschiedenen anderen Gegenden, im außeralpinen Süddeutschland, in Südfrankreich, der Schweiz, im Salzkammergut und in den Karpathen und schloß aus der Ähnlichkeit der Faunen, daß alle diese Ablagerungen demselben

Digitized by Google

geologischen Niveau angehören. Anderseits treten im Jura sehr ausgebreitete Ablagerungen auf, die in Menge die bekannten Reste der Ammoniten enthalten; und ein genaues Studium der Gehäuse dieser Tiere ermöglichte es, eine Anzahl sehr scharf und sicher fixierter Horizonte unter diesen Ammonitenschichten zu unterscheiden. Nun fand man aber, daß einer und derselbe Ammonitenhorizont in Süddeutschland und stellenweise in Südfrankreich unter, in gewissen Teilen der außeralpinen Schweiz über den Korallenkalken liegt. Dieser scheinbare Widerspruch erregte unter den Geologen großes Aufsehen, die Resultate eingehender Studien und mühevollster Arbeit schienen in Frage gestellt, bis durch die Arbeiten von Mösch, Oppel und Waagen festgestellt war, daß die Korallenkalke nicht an ein bestimmtes geologisches Niveau gebunden sind, sondern daß sich in den verschiedensten Horizonten des oberen Jura bald hier, bald dort, wie eben die äußeren Umstände ihrem Fortkommen günstig waren, Korallenriffe entwickelten. Man lernte nun Korallenkalke von fünf verschiedenen Altersstufen unterscheiden, die bis dahin infolge ihrer Faciesähnlichkeit miteinander verwechselt worden waren.

Hat in diesen Fällen die Faciesähnlichkeit zur Verwechselung ungleichalteriger Gebilde geführt, so bieten uns die Tertiärbildungen der Umgebung von Wien den entgegengesetzten Fall. Hier kommen sehr verschiedenartige Ablagerungen vor, Thone aus tieferem Wasser abgesetzt, Küstensande mit zahlreichen Muscheln und mächtige von kalkabsondernden Algen und Korallen gebildete Kalke, die voneinander sehr stark abweichen, und die man für die Vertreter verschiedener Horizonte hielt, bis Sueß zeigte, daß sie nur Facies eines und desselben Abschnittes darstellen.

Unter allen bisher näher untersuchten Vorkommnissen sind die Triasgebiete der Alpen und vor allen die sogenannte Dolomitregion der Südalpen durch den auffallend raschen Wechsel der Faciesentwickelung ausgezeichnet, wie ihn namentlich die Arbeiten von Mojsisovics klargelegt haben. Auf engem Raume finden wir einen und denselben Horizont bald in Form riesiger ungeschichteter Dolomitmassen, bald als eine Ablagerung weicher Mergel, vulkanischer Tuffe, wohlgeschichteter Kalke entwickelt, so daß eine nur allgemeine Ähnlichkeit in der Gesteinsbeschaffenheit und der Kombination der Fossilreste hier nur wenig Anhaltspunkte zur Wiedererkennung der gleichalterigen Gebilde gibt.

So extreme Fälle sind allerdings in den Meeren der Jetztzeit wie in den Felsmassen der Vorzeit nicht häufig. Oft genug behält ein Horizont auf ansehnliche Strecken denselben Charakter bei; so kehren z. B. die bituminösen Schiefer des oberen Lias in Süddeutschland, Frankreich und England wieder, und die Nummulitenkalke des unteren Tertiär, die Hippuritenkalke der oberen Kreide, gewisse Ausbildungsarten des Kohlenkalkes, die roten Sandsteine der Trias und der permischen Formation und eine Reihe anderer bleiben sich über kolossale Entfernungen gleich. Allein niemals darf man sich auf eine solche Beständigkeit der Merkmale verlassen, stets ist ein hinreichender Beweis erst durch genaue paläontologische Untersuchung möglich.

Ähnliche Schwierigkeiten wie durch die Faciesverhältnisse werden durch die geographischen Verschiedenheiten hervorgebracht. Es ist unter Umständen sehr schwer, einen genauen Vergleich zwischen Ablagerungen durchzuführen, die verschiedenen großen Bildungsräumen, verschiedenen Provinzen angehören. Dies ist nicht nur bei sehr weiter räumlicher Entfernung der Fall, es genügen dazu unter Umständen ganz geringe Distanzen. Das Mittelländische Meer ist vom Roten Meere nur durch die schmale Landenge von Suez getrennt, aber trotzdem ist die Tierwelt dieser beiden Becken vollständig voneinander verschieden; unter ihrer überaus reichen Fauna haben sie nur ganz vereinzelte Arten miteinander gemein. Das Mittelmeer hat annähernd die Fauna des Atlantischen Ozeans, in seiner Bevölkerung ist weit mehr Verwandtschaft selbst mit der der westindischen Gewässer vorhanden, die Muschelarten dagegen, die man am Nordende des Roten Meeres bei Suez auflieſt, sind Formen des Indischen Ozeans, sie kehren zum großen Teil noch

Digitized by Google

auf den Philippinen, ja in noch weiterer Entfernung wieder, aber die Meere zu beiden Seiten der Landenge von Suez stehen bezüglich ihrer Bevölkerung in gar keiner gegenseitigen Beziehung. Ganz ähnlich verhielt es sich in der Vorzeit, z. B. während der jüngeren Jurazeit, zwischen dem alpinen Gebiet und dem Moskauer Becken, so daß trotz des verhältnismäßig geringen Abstandes eine genaue Parallele zwischen den beiderseitigen Schichten kaum mehr möglich ist.

Besonders eigentümliche Verhältnisse entstehen, wenn zwei bisher getrennte geographische Distrikte mit sehr verschiedener Bevölkerung durch irgend eine geologische Veränderung miteinander in Verbindung gebracht werden. Es läßt sich beispielsweise nachweisen, daß das ganze Rote Meer in geologisch junger Zeit durch einen Einbruch entstanden ist und von der Fauna des Indischen Ozeans bevölkert wurde; denken wir uns nun, daß sich ein ähnlicher Vorgang jetzt wiederholen, daß die Sinai-Halbinsel in die Tiefe sinken würde, dann wäre eine weit offene Verbindung zwischen dem Roten und Mittelländischen Meer und indirekt zwischen dem Atlantischen und Indischen Ozean hergestellt; zahlreiche Arten würden aus einem Becken in das andere überwandern, viele altansässige Formen verdrängt werden, kurzum, eine tiefgreifende Umänderung wäre die Folge und käme auch in den sich ablagernden Schichten zum Ausdruck. Allein das wäre nicht die einzige Folge des angenommenen geologischen Vorganges; die Vereinigung der beiden Meere würde auf der anderen Seite auch eine Zerreißung des Zusammenhanges zwischen Nordafrika und Westasien und damit eine langsam sich steigernde Verschiedenheit der Tiere und Pflanzen dieser beiden Festländer mit sich bringen. Ganz allgemein werden die geologischen Veränderungen, die Meeresgebiete miteinander in Verbindung bringen, Landmassen zerreißen und umgekehrt; es wird also, wie Sueß bemerkt hat, eine und dieselbe geologische Umgestaltung entgegengesetzte Wirkung auf die Bewohner des Meeres und des festen Landes ausüben: was den einen neue Kommunikationen eröffnet, bringt für die anderen Isolierung hervor.

Noch durchgreifender sind die Unterschiede zwischen den Ablagerungen des Meeres, des süßen Wassers und des festen Landes. Hätten diese ihren Charakter stets in voller Reinheit, so wäre ein näherer Vergleich kaum möglich. Doch werden in dieser Hinsicht die Aufgaben der Geologen wesentlich dadurch erleichtert, daß durch Wind und rinnendes Wasser Verschleppungen eintreten; das Vorkommen eingeschwemmter Landorganismen in Süßwasserbildungen oder von Binnenbewohnern in Meeresschichten ist sehr häufig. Überdies finden oft Niveauschwankungen statt, infolge deren eine Süßwasserablagerung einem System mariner Bildungen eingeschaltet ist, oder umgekehrt, und auf diese Weise gelingt es, diese Schwierigkeiten zu überwinden.

Blicken wir auf alle diese verwickelten Verhältnisse, die eine richtige Beurteilung erschweren, so überzeugen wir uns, daß eine leichte und einfache Methode der Altersbestimmung durch die Versteinerungen nicht immer möglich ist. Es ist ein viel mühsamerer Weg, den die Forschung einschlagen muß, um die Beziehungen verschiedener Ablagerungen zu erfassen, aber dafür erhalten wir auch erst durch die Berücksichtigung aller der mannigfaltigen Faktoren, die auf die Entwickelung der Schichten und ihrer organischen Reste einwirken, einen tieferen Einblick in die Verhältnisse der Vorzeit, wir lernen ihre Geschichte in einer weit befriedigenderen und vollständigeren Weise kennen, als es sonst möglich wäre.

Wenn wir uns nun an die Aufgabe machen, unter Berücksichtigung dieser Grundsätze die Reihenfolge der geologischen Chronologie und mit ihr die einzelnen Entwickelungsphasen der Organismenwelt festzustellen, so müssen wir natürlich von allen örtlichen Verhältnissen absehen und nur die Änderungen berücksichtigen, die von allgemeiner Bedeutung sind. Wir kommen hierdurch sofort zu dem Kontrast zwischen lokaler und universeller Gliederung der Ablagerungen. Nehmen wir z. B. an, daß in einem beschränkten Bezirk eine Ablagerung

Digitized by Google

auftritt, die hauptsächlich die Reste von frei schwimmenden Tieren der offenen See enthält, daß ferner darüber eine Korallenbildung und dann wieder eine der ersten ähnliche Schicht folgt, und finden wir in unserem erdachten Falle, daß sich die erste und dritte Schicht nicht nur in der Faciesentwickelung gleichen, sondern auch in den einzelnen Arten ihrer Versteinerungen genau miteinander übereinstimmen, so können wir mit Sicherheit daraus schließen, daß die in der Mitte liegende Korallenbildung nur eine Episode, ein Intermezzo innerhalb einer und derselben Entwickelungsphase darstellt, daß sie also für eine allgemeine Gliederung ohne jede Bedeutung ist. Trotzdem kann ihr aber lokal ganz eminente Wichtigkeit zukommen: sie bildet vielleicht einen auf viele Meilen anhaltenden, sehr leicht kenntlichen Horizont mit massenhaften schönen Versteinerungen, ihre harten Kalkbänke sind möglicherweise für die ganze Oberflächengestaltung der Gegend und ihre Bergformen ein bestimmendes Element und sind etwa in einem sonst kalkarmen Distrikt von größter technischer Wichtigkeit. Es wäre daher verfehlt, sie nicht bei einer Lokalstudie als selbständig hervorzuheben und auf einer geologischen Karte zu verzeichnen. Daraus geht also hervor, daß die lokale und die allgemeine Gliederung nebeneinander herlaufen müssen, daß keine die andere ersetzen und verdrängen darf oder kann.

Das erste Erfordernis für ein Glied der allgemeinen Einteilung ist, daß es wirklich eine selbständige Entwickelungsphase der Organismenwelt darstellt, und daß es durch allgemein auf große Erstreckung verfolgbare Verschiedenheit seiner Bevölkerung von der nächst älteren und jüngeren Abteilung abweicht. Es entsteht nun die Frage, an welchen Merkmalen wir erkennen, ob dies wirklich der Fall ist. Eine vollständige Kenntnis der früheren Faunen und Floren würde hier die Antwort sehr leicht erscheinen lassen, aber so weit reicht unser Wissen nicht, und wir müssen uns daher auf die Untersuchung der einfacheren Vorkommnisse beschränken. Zunächst ist es an sich wahrscheinlich und durch vielfache Erfahrung bewiesen, daß die Bevölkerungen des festen Landes, des süßen Wassers und des Meeres in ihren Umgestaltungen nicht gleichen Schritt halten; wir werden darum der Einfachheit wegen zunächst nur eine dieser Kategorien bei der Gliederung näher berücksichtigen können. Da Land- und Süßwasserbildungen in den meisten älteren Formationen nur spärlich auftreten, Meeresbildungen dagegen aus den meisten Abteilungen in Menge und großer Entwickelung vorliegen, so hat man die geologische Einteilung wesentlich auf die Meerestiere gegründet.

Die Aufgabe ist also nunmehr dahin beschränkt, die einzelnen Phasen in der Entwickelung der Marinfauna zu bestimmen, und eine möglichste Annäherung an dieses Ziel strebt die Geologie an, wenn sie es auch nicht vollständig zu erreichen vermag, da die paläontologische Überlieferung, wie wir noch sehen werden, sehr unvollständig ist. Wir können zunächst nur in gleicher Faciesentwickelung auftretende Gebilde miteinander vergleichen. Allein wir kennen nicht jeden Horizont in vielen verschiedenen Ausbildungsweisen, und wir können durchaus nicht alle Facies auch nur durch eine ansehnliche Zahl von Horizonten hindurch ununterbrochen verfolgen; es ist also auch in dieser Richtung eine Beschränkung nötig. Wir haben oben (S. 9) gesehen, daß ein Unterschied zwischen lokalen und weitverbreiteten sogenannten universellen Faunen existiert, und die häufigsten Gattungen und Arten gerade dieser sind für unsere Zwecke von größter Bedeutung. Wir müssen in erster Linie die Reihenfolge dieser Formen festzustellen suchen, da hierfür die Schwierigkeiten verhältnismäßig geringer sind, und dann die übrigen Vorkommnisse durch speziellere Vergleiche in das so erhaltene Schema einzufügen suchen.

Auf diese Weise werden wir demnach als die Einheit der geologischen Gliederung jenen Zeitabschnitt betrachten, innerhalb dessen sich die häufigsten, allgemein verbreiteten und nach dem heutigen Stande unseres Wissens gut bekannten Meerestiere der Mehrzahl nach gleich bleiben. Die Ablagerungen, die sich in ihm gebildet haben,

Digitized by Google

bezeichnen wir als gleichalterig und suchen solche „äquivalente" Bildungen in verschiedenen Gegenden miteinander zu „parallelisieren".

Der Ausdruck Gleichalterigkeit hat nicht nur bei Laien, sondern auch unter Geologen vielfach zu Mißverständnissen geführt und Anstoß erregt. Man hat eingewendet, daß bei der Größe der geologischen Zeiträume eine wirkliche Gleichzeitigkeit überhaupt nicht festgestellt werden kann, und daß es eine vollständige Verkennung der Verhältnisse sei, an eine derartige Möglichkeit überhaupt zu denken. Dieser Einwand beruht natürlich nur auf der handgreiflichen und wörtlichen Auffassung des Ausdruckes. Es müssen aller Wahrscheinlichkeit nach Hunderttausende von Jahren vergehen, ehe eine merkliche Änderung der Meeresfauna eintritt, und alles, was in diesen langen Zeitraum fällt, ist für den Geologen gleichalterig. Wenn, wie in dem oben erwähnten Beispiel, drei Schichtgruppen übereinander gelagert sind, von denen die obere und untere übereinstimmende pelagische Formen enthält, während zwischen beiden eine Korallenbildung liegt, so gehören diese drei einander überlagernden Bildungen doch einem und demselben Abschnitt an, sie sind, obwohl nacheinander gebildet, doch in unserem Sinne gleichalterig. Es kann auch der Fall eintreten, daß eine beschränkte Schichtfolge, die wir an einem Orte beobachten, an einem anderen Punkte in umgekehrter Reihenfolge auftritt. So wurde in den Tertiärablagerungen des Wiener Beckens mehrfach nachgewiesen, daß die in seichtem Wasser gebildeten Leithakalke in der Regel unter blauen Thonen mit zahlreichen kleinen und mittelgroßen Schneckengehäusen (Badener Tegel, Pleurotomenthone) liegen, an einigen Stellen aber über diesen wieder Ablagerungen von Leithakalk vorkommen.

Lückenhaftigkeit der Überlieferung; Zonengliederung.

Wie in der vorstehend erläuterten, so gibt auch in einer zweiten wichtigen Beziehung die Beobachtung der Lagerung allein nur ungenügenden Aufschluß. Wenn zwei Schichten auch unmittelbar und durchaus gleichmäßig übereinander lagern, so ist damit noch keineswegs der Beweis geliefert, daß sie der Zeit nach unmittelbar aufeinander gefolgt sind. Beispielsweise liegen in manchen Gegenden Ostgaliziens Schichten der oberen Kreide über Silurbildungen; die Schichtfolge scheint ganz gleichmäßig zu sein, und doch hat zwischen den beiderlei Ablagerungen eine Unterbrechung stattgefunden, es ist hier eine Lücke vorhanden, die das ganze Devon, die Kohlenformation, Perm, Trias, Jura und untere Kreide umfaßt.

Wenn die an einer Lokalität auftretende Unvollständigkeit so gewaltig ist, dann ist es nicht schwierig, sie durch den Vergleich mit den vollständigeren Vorkommnissen anderer Gegenden nachzuweisen; aber in minder extremen Fällen reicht diese Methode nicht aus, und es entsteht dann die Frage, ob die Gesamtreihenfolge, die man durch die Kombination der Beobachtungen in den verschiedensten Gegenden herstellt, auch nur annähernd vollständig ist, ob sie nicht eine Menge bedeutender Lücken enthält. In der That ist es die Ansicht vieler Geologen und namentlich vieler Leute, die die Geologie nur oberflächlich kennen, daß dies in sehr hohem Grade der Fall sei. Die Lückenhaftigkeit der geologischen Überlieferung ist ja eins der bekannten Schlagwörter, die nur allzu häufig gebraucht werden, ohne daß man sich hinlänglich von ihrer Bedeutung und Berechtigung Rechenschaft gibt; und vor allem ist dies seit dem Auftreten der Abstammungslehre, der Darwinschen Theorie, der Fall. Indes die Frage nach der größeren oder geringeren Vollständigkeit der geologischen Reihenfolge ist durch die Abstammungslehre nicht nur lebhafter angeregt worden, sondern diese gibt uns auch die richtigen Methoden zur Lösung des Problems an die Hand.

Die Paläontologie und mit ihr die historische Geologie hat seit dem Auftreten Darwins eine ganz andere Richtung und Bedeutung erhalten. Früher dachte man sich jede einzelne Tier-

Digitized by Google

und Pflanzenart durch einen selbständigen Schöpfungsakt ins Leben gerufen oder wenigstens durch einen naturhistorisch unfaßbaren Akt unvermittelt und ohne ursachlichen Zusammenhang mit den früher vorhandenen Formen der Organismen entstanden. Auf diesem Standpunkte stellten die Beschreibung der Fossilreste und die Feststellung ihrer Aufeinanderfolge eine Anhäufung unverstandener Thatsachen dar, der gegenüber jeder Erklärungsversuch ausgeschlossen blieb. Die stete Annäherung der Organismen an die jetzige Schöpfung, die von den ältesten Perioden an zu verfolgen ist, war unter der Annahme der Unveränderlichkeit der Arten absolut unverständlich; sie ist aber eine durchaus naturgemäße und notwendige Erscheinung, sobald man mit Darwin in den Organismen eines jeden Abschnittes die mehr oder weniger veränderten Nachkommen der vorhergehenden Periode sieht.

Auf das Wesen der Abstammungslehre, auf ihre Begründung, auf die Ursachen der Veränderungen einzugehen, fällt nicht in den Bereich der geologischen Darstellung; nur die Ergebnisse sind für uns von Wichtigkeit und der Einfluß, den sie auf die Gestaltung der Stratigraphie ausgeübt haben und noch ausüben müssen. Die Paläontologie ist dadurch erst eigentlich zu einer wahren Geschichte der Tierwelt geworden, die historische Geologie gibt dabei das Zeitmaß, die Chronologie ab, und es ist klar, welche große theoretische Bedeutung beiden dadurch zufällt. Ihnen vor allem liegt es ob, den unmittelbaren und handgreiflichen Beweis für allmähliche und schrittweise Veränderung der Organismen beizubringen.

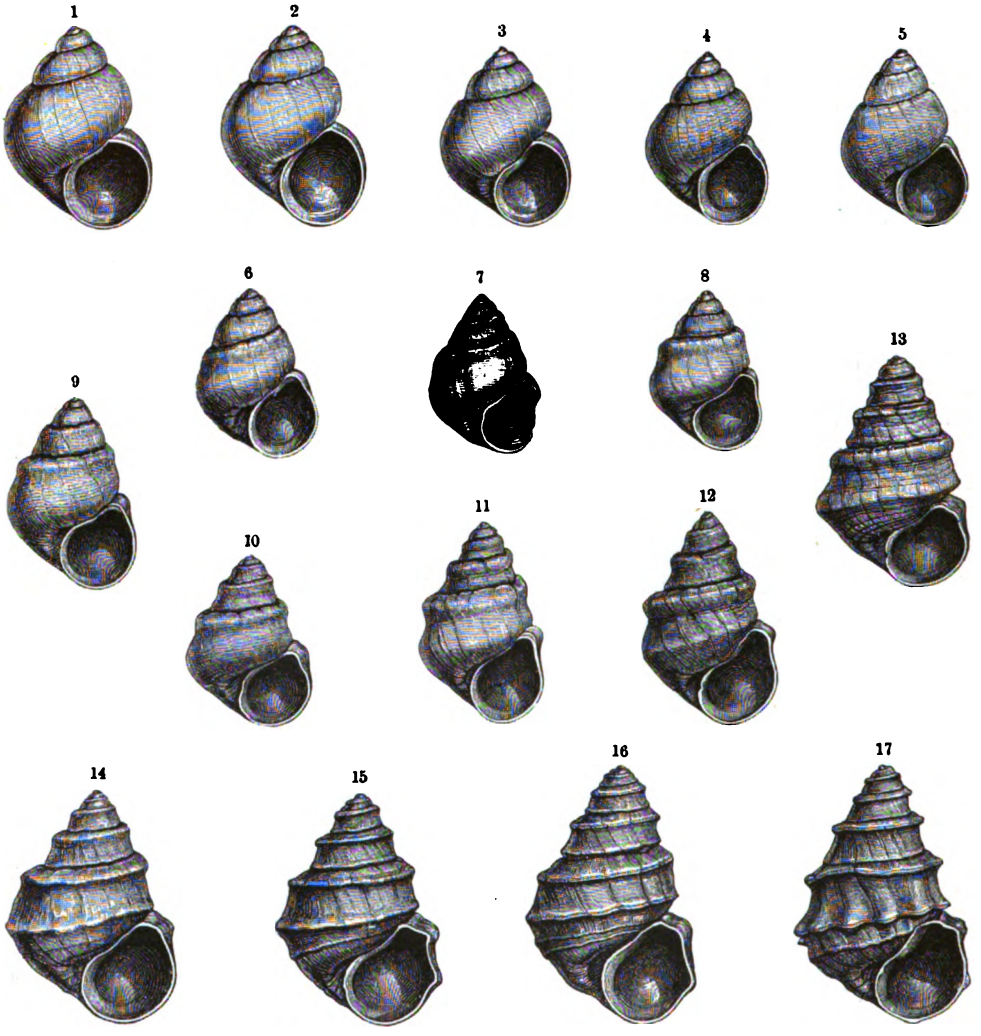
In erster Linie geschieht dies durch die Verfolgung von Formenreihen; wenn man die häufigsten und verbreitetsten Versteinerungen aus einer Reihe ununterbrochen aufeinander folgender Schichtgruppen miteinander vergleicht, so gelingt es häufig, zu zeigen, daß ein und derselbe Typus durch mehrere Abteilungen hindurchreicht, und zwar nicht in ganz unveränderter Gestalt; alle zusammen bilden eine Reihe, in der jedes Glied von dem vorhergehenden durch geringfügige, aber konstante Merkmale abweicht. Indem sich aber dieser Vorgang durch eine größere Anzahl von Abschnitten wiederholt und die Abweichungen lange Zeit hindurch nach derselben Richtung hin stattfinden und sich anhäufen, ergeben sich schließlich nach Ablauf eines größeren Zeitraumes sehr erhebliche Differenzen, weit größer, als sie zwischen den verschiedenen gleichzeitig lebenden Abänderungen einer und derselben Art vorkommen. Man bezeichnet diese Reihen als Formenreihen und ihre einzelnen, nur durch geringe Unterschiede voneinander abweichenden Glieder als Mutationen (s. Abbildung, S. 16).

Durch die Beobachtung dieses Verhältnisses wird der direkte Nachweis für die allmähliche Veränderung der organischen Formen geliefert. Leider sind aber die natürlichen Bedingungen für solche Feststellungen nur selten günstig; gewöhnlich reicht zwischen den einzelnen aufeinander folgenden Ablagerungen einer beschränkten Örtlichkeit die Faciesverschiedenheit hin, alle Versuche dieser Art zu vereiteln. Die verschiedenen Schichtgruppen scheinen infolge der Faciesverhältnisse, innerhalb lokaler Grenzen betrachtet, sehr häufig in der Weise voneinander abzuweichen, daß nicht eine Mutation für die andere eintritt, sondern daß Formen aus ganz anderen Gattungen und Tiergruppen auftreten. Man hat das sogar als ein Argument gegen die Abstammungslehre vorgebracht, ohne zu berücksichtigen, daß diese unvermittelt auftretenden Typen nur infolge einer Änderung in den äußeren Lebensbedingungen lokal die alte Einwohnerschaft verdrängt haben. Um Formenreihen zu verfolgen, muß man die Fossilreste von möglichst vielen weit voneinander entfernten Fundorten vergleichen; dann hat man Aussicht, diese Fehlerquellen zu vermeiden, und dann gelangt man auch wirklich zu einem günstigen Resultat.

Die Gliederung der Formenreihe in Mutationen, die nur in ganz feinen Merkmalen voneinander abweichen, und zwischen denen die Übergänge verhältnismäßig selten sind, gibt nun auch das beste Hilfsmittel für die geologische Einteilung ab. Als die einzelnen kleinsten paläonto-

Digitized by Google

logisch charakterisierten Abschnitte betrachten wir die, innerhalb deren die Mehrzahl der Formenreihen keine bemerkbare Veränderung erleidet, während die Angehörigen derselben Formenreihen in unmittelbar aufeinander folgenden Abschnitten durch die feinsten noch mit Sicherheit und beständig nachweisbaren Unterschiede voneinander abweichen, d. h. nächstverwandten Mutationen angehören. Diese kleinsten Abschnitte einer universellen Gliederung der Schichten stellen uns



Formenreihe der Paludina Neumayri aus den pliocänen Paludinenschichten von Westslawonien: 1) Stammform, 2—17) die durch allmähliche Umgestaltung aus ihr hervorgegangenen Abänderungen oder Mutationen. Vgl. Text, S. 15.

also Entwickelungsphasen der Tierwelt dar, die der mittleren Durchschnittsdauer einer Mutation der verbreitetsten marinen Organismen entsprechen. Jeden einzelnen dieser Abschnitte, die nach dem Vorgange von Oppel „Zone" genannt werden, bezeichnet man in der Regel nach einem häufigen und weitverbreiteten Fossil, das ihm eigen ist, also z. B. Zone des Peltoceras bimammatum, Zone der Oppelia tenuilobata ꝛc. Mehrere solcher Zonen werden dann in eine Stufe oder Etage zusammengefaßt, von denen wieder eine beschränkte Anzahl auf eine Formation kommt.

Schon die Darlegung der Methode läßt erkennen, daß die Durchführung einer rationellen Zonengliederung eine sehr schwierige und verwickelte Aufgabe ist, die nur auf Grund sehr genauer

Digitized by Google

Kenntnis in geologischer und paläontologischer Beziehung möglich ist. Es ist auch noch keineswegs gelungen, eine solche Einteilung für die ganze Reihenfolge der Formationen durchzuführen.

Nochmals muß hier ausdrücklich vor dem so häufig vorkommenden Mißverständnis gewarnt werden, als ob diese Gliederung in Zonen die lokalen Einteilungen zu verdrängen und zu ersetzen bestimmt oder befähigt wäre. Es kommt z. B. vor, daß die Gesteinsmächtigkeit in einer Gegend so sehr reduziert ist, daß die Fossile von zwei und mehr Zonen in einer einzigen Bank vereinigt liegen, und hier wäre der Versuch, diese weiter zu teilen, vergeblich, ja widersinnig; in einem anderen Distrikt ist dagegen eine Zone überaus reich ausgebildet und tritt in sehr kontrastierenden Faciesentwickelungen auf, die teils über-, teils nebeneinander liegen und trotz ihrer scharf charakterisierten Erscheinungsart aus Zweckmäßigkeitsgründen nicht voneinander zu trennen sind, sondern unter einem Zonennamen zusammengefaßt werden müssen. Für jede geologisch selbständige Area ist eine Lokaleinteilung notwendig, die Zonengliederung bildet nur das universelle Schema, in das alle örtlichen Ausbildungen zum Zweck allgemeiner theoretischer Vergleiche eingepaßt werden können.

Auf einer ähnlichen Verwechselung, wenn nicht auf einem Mangel an Verständnis für die Aufgabe der historischen Geologie in ihrer Verbindung mit der Paläontologie beruht ein anderer Einwurf, der hier und da der Zoneneinteilung gemacht wird: sie soll viel zu sehr ins kleine eingehen und durchaus unwichtige minutiöse Abschnitte von rein lokaler Bedeutung liefern; es wird sogar als eine vollständige Verkennung der Natur bezeichnet, zu glauben, daß sich allerorts dieselben Zonen wie die Schalen einer Zwiebel übereinander lagern. Abgesehen von der Verkennung des Unterschiedes zwischen geologischer Lokalgliederung und einer für theoretische Zwecke bestimmten allgemeinen Chronologie liegt hier eine unrichtige Auffassung von dem Wesen einer auf die allmähliche Umgestaltung der Organismen beruhenden Zeiteinteilung vor. Alle einzelnen Phasen der Entwickelung können wir nur da in ihrer Aufeinanderfolge nachweisen, wo eine geologische Formation sehr reich und vollständig gegliedert auftritt und sehr genau studiert ist. Wenn dies nun auch in aller Vollständigkeit nur in einem Teile des Verbreitungsbezirkes der betreffenden Bildungen möglich ist, so können doch die Stämme des Tierreiches in Gegenden mit weniger reicher Gliederung die hier fehlenden Phasen im Prozeß ihrer Umgestaltung nicht übersprungen haben.

Ein Beispiel aus der Völkergeschichte wird das am deutlichsten klar machen. Denken wir uns zwei Nationen aus früherer Zeit, die in innigster Wechselbeziehung zu einander standen, und deren Geschicke eng verflochten waren; die wichtigeren Ereignisse, die Marksteine in der Geschichte des einen Volkes bilden, sind auch entscheidend für das andere. Wenn nun dem Historiker für die eine Nation sehr zahlreiche, für die andere nur spärliche Urkunden und Denkmäler vorliegen, so wird er den Entwickelungsgang jener viel mehr ins einzelne verfolgen können als den der anderen. Er wird die Schicksale, die Kultur und die politischen Verhältnisse des einen Reiches für einen Zeitraum mit Sicherheit darstellen, für den über den Zuständen des anderen vollkommenes Dunkel herrscht. Er wird aber dieses durch Schlüsse aus den bekannten Verhältnissen des anderen Volkes aufhellen können und keineswegs die genaue Untersuchung des einen Falles unterlassen, weil er für den anderen nicht zu derselben Präzision gelangen kann.

Genau ebenso verhält es sich mit der Verfolgung der Zonen: durchaus nicht alle Ablagerungen eignen sich vermöge ihrer Ausbildungsweise zur Sonderung in Zonen. Innerhalb eines annähernd einheitlichen geographischen Verbreitungsbezirkes aber muß die Entwickelung der Organismenwelt überall dieselbe sein, und maßgebend ist die vollständigste und eingehendste Überlieferung; von ihr aus kann man zur Beurteilung des minder Bekannten fortschreiten; nur auf diesem Wege können wir eine getreue Geschichte der Vorzeit und ihrer Lebewelt schreiben, und jeder Versuch, an dieser Methode zu rütteln, bedeutet ein Abgehen von dem einzig richtigen Wege.

Digitized by Google

Wir haben bis jetzt von den Zonen als den einzelnen Abteilungen des universellen geologischen Systems gesprochen. Dies ist insofern ganz richtig, als sie im Gegensatz zu der lokalen Gliederung eine allgemeinere Bedeutung haben; es wäre jedoch irrig, dies in der Art aufzufassen, als ob jede Zone ganz allgemein auftreten müßte und mit gleichen Kennzeichen über die ganze Erde verfolgt werden könnte, soweit überhaupt Marinbildungen des betreffenden Alters vorhanden sind. Der Charakter einer Zone ist gegeben durch eine Anzahl von Tierformen; das Gebiet, über das sie verfolgt werden kann, hängt also naturgemäß vollständig von der geographischen Verbreitung der Formen ab, auf die die Einteilung gegründet ist. Wenn wir auch mit den zoogeographischen Verhältnissen der jetzigen Meeresfaunen in allgemeinen Umrissen vertraut sind, so kann das für die Beurteilung der alten Formationen nur einen Fingerzeig geben, aber für jeden einzelnen Fall muß die Ausbreitung der einzelnen Formen rein empirisch festgestellt werden. Es ergeben sich dabei oft sehr merkwürdige Verhältnisse, die sich von vornherein nicht ahnen lassen; so zeigen z. B. die Jura-Ablagerungen Mittel- und Südeuropas viele Verwandtschaft und gemeinsame Arten mit jenen der indischen Halbinsel, des tropischen Ostafrika und Südamerikas, während z. B. der oberste Jura von Innerrußland von diesem Typus gänzlich abweicht und mit jenem in Grönland, auf Spitzbergen, im polaren Asien und Amerika, aber auch mit dem der Himalajakette und des tibetanischen Hochlandes verwandt ist.

So entsteht die Notwendigkeit, für jeden Abschnitt die geographische Verbreitung der Tierformen zu untersuchen. Wir rekonstruieren auf diesem Wege die *zoogeographischen Provinzen der Vorzeit*, und indem wir die Verhältnisse berücksichtigen, die in der heutigen Schöpfung die Scheidung solcher Provinzen bedingen, können wir wieder auf die Ursachen zurückschließen, die in verschiedenen alten Perioden analoge Wirkung ausübten; wir können die klimatischen Zonen, die Festländer und Meeresbecken der Urzeit wiederherstellen, wir erhalten den Schlüssel, der uns wenigstens in den rohesten Umrissen die *Kenntnis der physischen Geographie der alten Formationen* eröffnet.

Kehren wir zur Frage der Altersbestimmung zurück, so sind nach den bisherigen Auseinandersetzungen in erster Linie die nur in den feinsten Merkmalen voneinander abweichenden Mutationen für die Charakterisierung der Zonen geeignet, und in letzter Linie werden sie auch immer die sicherste Entscheidung geben, während sehr auffallenden Verschiedenheiten zwischen zwei Ablagerungen, dem Vorkommen ganz anderer Gattungen, als wesentlich von Faciesverhältnissen abhängig, unter Umständen keine entscheidende Bedeutung zukommt. Es tritt aber die Frage auf, ob denn immer auf die Mutationen zurückgegangen werden muß, ob nicht auch andere leicht kenntliche und scharf charakterisierte Formen zur Erkennung der Zonen führen können. Es ist das die Frage nach den „Leitmuscheln", die namentlich in früherer Zeit eine so große Rolle gespielt haben und auch jetzt noch namentlich für lokale Untersuchungen und für praktische Zwecke von größter Wichtigkeit sind.

Streng genommen ist jede Form ein *Leitfossil*; jede unter ihnen hat nur einmal auf Erden existiert, längere oder kürzere Zeit, und ist also für diesen Zeitraum charakteristisch. Aber die langlebigen Typen, die für einen langen Abschnitt bestimmend sind und durch eine größere Anzahl von Zonen hindurchreichen, sind deshalb zu präziser Altersbestimmung wenig geeignet. Wenn wir also von Leitfossilen im engeren Sinne reden, so verstehen wir darunter leichtkenntliche, weitverbreitete, aber nur *auf einen bestimmten, ganz kurzen Zeitabschnitt beschränkte Formen*, die diesen überall mit Leichtigkeit wiedererkennen lassen.

Solche plötzlich auftauchende neue Typen können zunächst infolge eines Facieswechsels erscheinen, und dann darf ihnen kein anderer als ein sehr lokaler Wert beigelegt werden. Anders verhält es sich dagegen mit den Typen, die aus einer anderen großen Meeresprovinz infolge der

Digitized by Google

Eröffnung einer neuen Verbindung einwandern. Bei solchen Wanderungen darf man in der Regel nicht daran denken, daß die Tiere etwa in Scharen ausziehen und ein neu erschlossenes Gebiet besiedeln, wie das bei dem Vorrücken der Wanderratte nach Europa und wohl noch in einzelnen anderen Fällen geschehen sein mag[1]. Gewöhnlich aber erfolgen die Wanderungen in anderer und weit langsamerer Art. Nehmen wir z. B. ein Tier an, das im Alter an einem Punkte fest angesiedelt ist und nur in der Jugend frei umherschwimmt, wie das z. B. bei den Korallen, bei vielen Muscheln 2c. der Fall ist; die jungen Larven schwärmen aus, auf einen bestimmten Umkreis um das Muttertier, und setzen sich dann an irgend einer geeigneten Stelle fest. Ist nun durch eine geologische Veränderung ein neues Meeresgebiet eröffnet, so werden die jungen Individuen so weit in dieses eintreten, als sie sich überhaupt von ihrem Geburtsort zu entfernen pflegen, und zwar wird dies bei einer Form rascher, bei einer anderen langsamer vor sich gehen. Eine wesentliche Beschleunigung wird da eintreten, wo Meeresströmungen eine raschere Ausbreitung befördern. Die Individuen, die dabei am weitesten in das neueröffnete Gebiet vorgedrungen sind, bilden in der nächsten Generation einen neuen Ausgangspunkt, und so wird allmählich Generation um Generation einen ganzen Ozean besiedeln.

Dieser Vorgang der Wanderungen ist bei manchen Typen gewiß sehr langsam, die Erfahrung zeigt aber, daß die hierzu erforderliche Zeit viel geringer ist als die Dauer einer Zone, indem sich die neuen Ankömmlinge häufig in weit voneinander entlegenen Gegenden einer Provinz zeigen, ohne daß ein Zeitunterschied für verschiedene Teile dieser Provinz irgend bemerkbar wäre. Infolgedessen bilden solche Ankömmlinge aus einem anderen Meeresbecken vortreffliche Mittel zur leichten Wiedererkennung einer Zone und stellen in diesem Sinne ausgezeichnete Leitfossile dar.

Immerhin bilden solche Verhältnisse nur ein Hilfsmittel; die eigentliche Entscheidung muß sich auf die Beobachtung der Mutationen stützen, und indem wir die Reihenfolge der einzelnen Abschnitte, der Zonen, auf diese Weise zu begründen und ihre Berechtigung zu prüfen suchen, erhalten wir auch die Möglichkeit, die wichtige Frage zu beantworten, ob die geologische Überlieferung große Lücken enthält. Soweit es möglich ist, Zone an Zone zu reihen und zusammenhängende Formenreihen darin zu verfolgen, deren einzelne Glieder nur in ganz geringfügigen Merkmalen voneinander abweichen, so weit kann keine Unterbrechung in der Schichtfolge vorhanden sein, deren Dauer für die Entwickelung des organischen Lebens in Betracht kommt. Ist eine solche überhaupt vorhanden, so muß sie kleiner sein als die kleinste meßbare Größe unserer Chronologie und ist daher belanglos.

Leider ist die Wissenschaft noch nicht so weit, eine solche Probe in allen Fällen mit Sicherheit anstellen zu können. Wir können zwar sagen, daß vorwiegend ein inniger paläontologischer Zusammenhang zwischen den aufeinander folgenden Zonen vorhanden ist, der eine zusammenhängende Entwickelung beweist; daneben bestehen auch einige zweifelhafte Fälle, über die wir bei dem heutigen Stande unserer Kenntnis zwar noch nicht endgültig urteilen, von denen wir aber vermuten können, daß sie durch die rasch fortschreitende Erforschung unbekannter Länder bald beseitigt sein werden. Bis vor kurzem bestand die bedeutungsvollste Lücke an der Grenze zwischen der paläozoischen und mesozoischen Periode; heute ist sie durch Forschungen in Asien und im Ural gänzlich ausgefüllt. So dürfen wir behaupten, daß eine erhebliche Lücke, die auf einen wirklichen Mangel an Ablagerungen aus einem größeren Zeitraum hinwiese, nicht vorhanden ist.

Ehe wir den Folgerungen weiter nachgehen, die aus dem bisher Besprochenen abgeleitet werden können, müssen wir eines Einwurfes gedenken, der gegen diese Auffassung erhoben

[1] Daß die sich jährlich wiederholenden Wanderungen der Zugvögel, der Fische während der Laichzeit und einige verwandte Erscheinungen damit nicht verwechselt werden dürfen, bedarf wohl kaum einer Erwähnung.

Digitized by Google

werden kann. Wir haben gesehen, daß in weit voneinander entfernten oder durch Festland voneinander geschiedenen Meeresteilen die Entwickelung der Fauna in verschiedener Weise vor sich gehen kann. Es liegt daher auch die Annahme nahe, daß sich in einem Becken eine neue Tierwelt entwickelt, während sich in einem anderen die alten Formen erhalten; und ähnliches kann mit den Bewohnern des süßen Wassers und des festen Landes der Fall sein. So haben die Pflanzen und Süßwasserkonchylien vieler jungtertiärer Ablagerungen in Europa große Verwandtschaft mit jetzt lebenden Typen aus China und Nordamerika. Von marinen Formen ist z. B. die Muschelgattung Trigonia in Europa in Jura und Kreide außerordentlich verbreitet; sie fehlt heute den europäischen Meeren, sie hat sich aber in den australischen Gewässern erhalten, und ebenso sind die in der Vorzeit überaus häufigen Astarten jetzt fast auf die Polarregionen beschränkt. In der mesozoischen Zeit enthält die alpine Trias noch eine Reihe paläozoischer Gattungen, wie Orthoceras, Spirigera, Retzia, die im mitteleuropäischen Gebiete schon ausgestorben sind. Es fragt sich nun, ob das, was wir in diesen Beispielen gesehen haben, nicht bei ganzen Marinfaunen in ausgedehntem Maßstabe der Fall war. Wenn wir also z. B. eine Ablagerung etwa in Südamerika oder Australien nach der Übereinstimmung ihrer Meerestiere mit solchen des europäischen Jura dieser Formation einreihen, so entsteht die Frage, ob dieser Schluß berechtigt ist, oder ob diese sogenannte Jurafauna in jenen entlegenen Gegenden nicht früher gelebt hat als bei uns und sich erst später in unseren Gegenden verbreitet hat oder umgekehrt.

Dieser Einwurf ist von größter Wichtigkeit, er berührt geradezu die Grundlage des ganzen stratigraphischen Systems, und wir müssen daher seine Bedeutung etwas näher prüfen. Die theoretische Möglichkeit solcher Verhältnisse muß natürlich unbedingt zugegeben werden; allein es handelt sich hier um eine Frage, die nicht durch theoretische Auseinandersetzungen, sondern nur durch die Beobachtung, durch Abwägung der Thatsachen entschieden werden kann. Dabei ergibt sich, daß sich alle die häufig genannten Beispiele, von denen oben die Rede war, nur darauf beziehen, daß sich einzelne Gattungen in gewissen Regionen länger erhalten oder früher erscheinen als an anderen, oder auch, daß dies für ganze Gesellschaften von Gattungen oder Familien ꝛc. stattfindet. Indes treten innerhalb dieser Gattungen oder Familien doch bei verschiedenem geologischen Alter andere Arten oder andere Mutationen auf, und da es gerade diese untersten und engsten Abteilungen des Tier- und Pflanzenreiches sind, auf denen allein eine genaue Altersbestimmung rationellerweise aufgebaut werden kann, so ist in keinem der erwähnten Beispiele ein wirklicher Widerspruch gegeben. Wohl kommt es auch vor, daß einzelne Arten in einer Gegend etwas früher auftreten oder länger ausdauern als in einer anderen, aber auch eine einzelne Art ist für die Altersbestimmung nicht entscheidend, sondern wir gründen das Urteil stets auf ganze Gesellschaften von Arten; und dafür, daß solche etwa in einer Meeresprovinz durch längere Zeitabschnitte unverändert bleiben, während sie in einer anderen schon mehrfache Veränderungen erfahren haben, liegt kein Anhaltspunkt vor. Wo immer wir die Faunen betrachten, finden wir sie in einem steten Wechsel begriffen, in dem kein Aufenthalt und kein Stillstand zu beobachten sind, wenn auch z. B. in verschiedenen Meeresbecken die Umgestaltung nach verschiedener Richtung und in verschiedener Intensität vor sich gehen mag.

Es gehört zu den bemerkenswertesten und auffallendsten Erscheinungen in der historischen Geologie, daß oft in weit voneinander entfernten Gegenden, z. B. im Jura in Westeuropa und in Indien und, soweit unsere Erfahrung reicht, auch in Südamerika, ähnliche Tiergesellschaften, teilweise aus genau übereinstimmenden Arten zusammengesetzt, in so großer Regelmäßigkeit aufeinander folgen, daß dieselben Zonen in allen drei Gegenden festgehalten werden können. Die einzelnen Formen finden sich in derselben Reihenfolge und mit denselben Merkmalen in den drei weit entlegenen Regionen; und wir können daraus nur schließen, daß die Zeit, die eine organische

Digitized by Google

Form zu ihrer Verbreitung durch ein so gewaltiges Meeresbecken braucht, im Durchschnitt verschwindend klein gegen die Dauer einer Zone ist.

Alle diese Erfahrungen weisen darauf hin, daß eine wesentliche Fehlerquelle beim Vergleich des geologischen Alters weit voneinander gelegener Ablagerungen darin nicht liegt, daß die einzelnen organischen Formen nicht überall gleichzeitig auftreten und verschwinden. Die hierdurch hervorgebrachten Unregelmäßigkeiten sind vielmehr so gering, daß sie auf unsere Methode der Altersbestimmung ohne Einfluß bleiben und auch die Schlüsse über das Vorhandensein oder Fehlen von Lücken in der Reihenfolge der Ablagerungen in keiner Weise beeinflussen.

Die Fossilreste.

Wenn auch keine erheblichen Lücken in der Aufeinanderfolge der Ablagerungen vorhanden zu sein scheinen, so sind dafür unsere Kenntnisse der Tier- und Pflanzenbevölkerung jedes einzelnen Abschnittes um so unvollständiger, und wir können mit Bestimmtheit sagen, daß *wir nur einen ganz kleinen Bruchteil der Organismenformen kennen, die in der Vorzeit die Erde bewohnt haben.* Daß dies wirklich der Fall sei, davon ist wohl die große Mehrzahl aller Forscher überzeugt; dagegen herrscht wenig Klarheit, bis zu welchem Grade unsere Kenntnis lückenhaft ist, und der Natur der Sache nach ist es auch sehr schwierig, hierüber etwas Positives nachzuweisen. Immerhin ist es notwendig, uns wenigstens annähernd eine klare Vorstellung von diesen Dingen zu machen, wenn wir die Bedeutung der uns vorliegenden Versteinerungsreste richtig beurteilen sollen.

Die Zahl der jetzt lebenden Tierarten, die beschrieben worden sind, beträgt weit über 200,000 und dürfte von 300,000 nicht mehr weit entfernt sein. Dem stehen von fossilen Tieren etwa 70—80,000 verschiedene Formen gegenüber. Bei den Pflanzen, deren in der heutigen Schöpfung etwa 130,000 Arten bekannt sind, ist das Verhältnis der fossilen Vertreter ungünstiger. Etwas anders gestaltet sich allerdings die Sache, wenn wir z. B. bei den Tieren die Verteilung der Arten auf einzelne Abteilungen näher ins Auge fassen. Zunächst können sich alle die Geschöpfe, die keine Hartteile, keine Schalen, Panzer oder Skelette besitzen, nicht oder nur in sehr seltenen Ausnahmefällen erhalten, und auch von allen sehr zart gebildeten Formen mit Hartteilen werden nicht oft Reste aus früher Zeit auf uns kommen. Dadurch wird eine ganze Menge von Tiergruppen sofort ausgeschlossen; Infusorien, Rädertierchen, Quallen, die skelettlosen Polypen, die meisten Würmer, die Manteltiere, die Copepoden unter den Krebsen und eine Menge anderer kommen bei den fossilen Formen gar nicht in Betracht.

Ein zweiter Punkt, der berücksichtigt werden muß, betrifft die Natur der Schichten, in denen uns die fossilen Reste erhalten sind. Aus dem allerjüngsten, fast nur den letzten Moment der Erdgeschichte darstellenden Abschnitt, aus der Diluvialzeit, liegen uns meist nur Ablagerungen vor, die sich auf festem Lande oder in süßem Wasser gebildet haben. Der Grund dafür ist der, daß die Niveauveränderungen, die seither im Verhältnis von Land und Meer vor sich gegangen sind, nicht ausreichen, diluviale Meeresablagerungen in großem Maßstabe trocken zu legen. In der Tertiärformation dominieren die marinen Schichten schon bedeutend, und in allen früheren Formationen haben diese in sehr hohem Grade das Übergewicht. So kommt es, daß unsere Kenntnis der Land- und Süßwassertiere sehr viel geringer ist als die der Meeresbewohner, und daß die Hauptmasse der fossilen Tierreste diesen zugehört. Gerade entgegengesetzt verhält es sich in der Jetztwelt; die Bewohner des Landes und des süßen Wassers, die sogenannten Binnenorganismen, sind sehr stark in der Mehrzahl, und es gibt hier namentlich das unabsehbare

Digitized by Google

Heer der Insekten den Ausschlag, die etwa drei Viertel aller bisher aus der Jetztwelt bekannten Tierformen umfassen, während wir fossil davon nur etwa 4000 kennen. Wenn wir dagegen jene Tiergruppen betrachten, bei denen die Bedingungen für ihre Erhaltung in fossilem Zustand am günstigsten sind, d. h. die mit soliden Hartteilen ausgestatteten Meeresbewohner, dann finden wir allerdings ein ganz entschiedenes Übergewicht der erloschenen Formen den jetzt lebenden gegenüber, am meisten bei den Foraminiferen, Korallen, Seelilien, Seeigeln und Weichtieren oder Mollusken.

Dieses Verhältnis, daß die Zahl der fossilen Typen in vielen Abteilungen des Tierreiches die der lebenden bedeutend übertrifft, ist von vielen Seiten sehr auffallend und sonderbar gefunden worden; ja, man hat sogar die Vermutung ausgesprochen, daß die Paläontologen bei der Beschreibung der Versteinerungen nicht vorsichtig genug vorgegangen seien und vielfach auf ganz untergeordnete Abweichungen oder auf Zufälligkeiten des Erhaltungszustandes hin wesentlich miteinander übereinstimmende Formen als verschiedene Arten beschrieben haben. Eine solche Auffassung ist jedoch falsch und beruht lediglich auf einer Verkennung des Wesens der geologischen und paläontologischen Überlieferung. Hätten wir es in den ausgestorbenen Tieren lediglich mit den Vertretern eines einzigen Abschnittes der Erdgeschichte zu thun, der der Jetztzeit an Bedeutung ungefähr entspricht, hätten die untergegangenen Formen alle gleichzeitig gelebt, dann wäre ein solches Erstaunen über die Formenmenge allerdings am Platze. In Wahrheit aber haben wir es mit den Repräsentanten einer sehr großen Anzahl aufeinander folgender Abschnitte zu thun, so daß auf jeden einzelnen nur eine ganz beschränkte Zahl verschiedener Arten kommt.

Es ist sehr schwierig, eine Schätzung des Anteils der alten Faunen vorzunehmen, der uns erhalten worden ist; ja, in vielen Fällen stößt selbst der Versuch, auch nur die rohesten Annäherungswerte zu erhalten, auf unüberwindliche Hindernisse. Für eine der am genauesten bekannten Formationen, für den Jura, soll in einem späteren Abschnitt gezeigt werden, daß aller Wahrscheinlichkeit nach die Meeresfauna während eines jeden seiner Abschnitte ebenso reich war, wie sie heute ist, und wenn man die Zahl der aufeinander folgenden Abschnitte des Jura berücksichtigt, so kommt man zu dem Schlusse, daß während seiner einzelnen Abteilungen zusammen $^1/_2$ bis $^3/_4$ Million mit Hartteilen versehener Meerestiere existiert haben müssen, von denen wir höchstens 10,000 kennen. In einigen anderen Perioden stellt sich aber das Verhältnis ungleich ungünstiger. Wir kommen daher zu dem bescheidnen Ergebnis, daß wir innerhalb der für die Erhaltung geeignetesten Abteilungen des Tierreiches gewiß nicht ein Prozent der Formen kennen; und natürlich ist bei den Land- und Süßwasserbewohnern sowie bei den Pflanzen ein noch weit geringerer Teil überliefert worden.

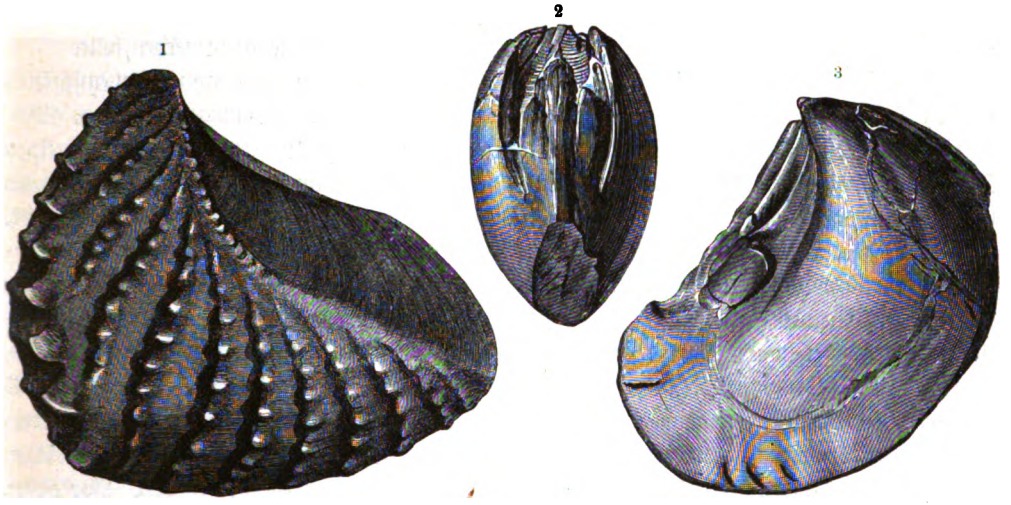
Selbstverständlich übt diese Dürftigkeit der paläontologischen Überlieferung den größten Einfluß aus auf die Resultate der historischen Geologie. Schon bei der Aufstellung von Parallelen zwischen weit voneinander entlegenen Gegenden und der Herstellung der gesamten Schichtfolge entstehen Schwierigkeiten, wenn auch in geringerem Maße, als man im ersten Augenblick glauben sollte. Wenn wir nicht ein Prozent der marinen Fauna kennen, so sollte man die Aufstellung von Formenreihen für unmöglich halten. Dies ist aber nicht der Fall; gewisse in ungeheurer Häufigkeit vorkommende Typen kehren überall wieder, und unter diesen gelingt auch der Nachweis von Abstammungsreihen.

Von viel größerem Einfluß sind natürlich die Hindernisse, die die Armut der paläontologischen Überlieferung einer zweiten Hauptaufgabe unserer Betrachtung, der Rekonstruktion der Tier- und Pflanzenwelt in früheren Perioden, entgegensetzt. Zwar können wir hier die großen Hauptzüge in allgemeinen Umrissen darstellen; aber wir müssen uns in diesem Punkte mehr als an irgend einer anderen Stelle klar sein, wie dürftig unser Wissen ist. Wir müssen uns daran

Digitized by Google

erinnern, daß uns z. B. von der ganzen Landfauna des Silur Ein Insekt, ein Tausendfüßer, und drei Skorpione erhalten sind, und daß wir von der Landfauna der Devonformation nur sehr wenig mehr wissen. Eine ganz eigentümliche Ordnung der Krebstiere, die sich mit keinem anderen Typus auch nur entfernt vergleichen läßt, ist durch ein einziges Exemplar aus der Kohlenformation von Herborn vertreten (Bostrichopus). Säugetiere sind im Jura und in der obersten Kreideformation gefunden worden und müssen daher auch in der zeitlich zwischen beiden liegenden älteren Kreidezeit existiert haben; aber noch hat diese nicht die kleinste Spur eines Säugers geliefert. Solche Beispiele ließen sich noch eine Menge aus den verschiedensten Teilen der Organismenwelt anführen, und es bedarf wohl keiner weiteren Auseinandersetzung, um zu zeigen, wie mangelhaft demnach unser Wissen in dieser Beziehung ist.

Aber nicht nur die geringe Zahl, auch die Art und Weise der Erhaltung erschwert unsere Aufgabe. Alle Weichteile sind fast ausnahmslos verschwunden, nur die Hartteile sind erhalten:



Trigonia navis aus dem mittlern Jura Württembergs: 1) erhaltenes Exemplar mit Schale, 2 u. 3) Steinkern, von vorn und von der Seite. Wirkl. Größe.

die Schalen von Foraminiferen, Mollusken, die Gerüste von Korallen, Echinodermen, die Panzer von Krebstieren, die Skelette von Wirbeltieren. Jedoch auch die einzelnen Exemplare sind oft zerbrochen und beschädigt, und wo die Hartteile aus mehreren Teilen zusammengesetzt sind, wie z. B. bei den Wirbeltieren, da zerfallen sie sehr häufig, so daß man es dann meist mit isolierten Zähnen, Knochen, Schuppen oder Panzerstücken zu thun hat. Noch schlimmer steht es mit den Pflanzen, deren einzelne Blätter, Früchte, Zweige, Stammstücke oder Wurzeln man findet, während Exemplare, an denen man mehreres vereinigt sieht, zu den großen Seltenheiten gehören.

Endlich entstellen die verschiedenen mechanischen und chemischen Prozesse der Fossilisation die Überreste häufig im höchsten Grade. Nur zu oft findet man bloß den Abdruck oder den inneren Ausguß, den sogenannten Steinkern, vor (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2 u. 3), und natürlich machen sich alle diese Hindernisse auch geltend, wenn wir aus den einzelnen Daten der Paläontologie die Organismenwelt der einzelnen Perioden wiederherzustellen suchen. So groß aber auch die im Wege stehenden Hindernisse sind, so ist es doch unablässiger, mühevoller Arbeit gelungen, einen nicht geringen Teil zu überwinden und wenigstens die großen Hauptzüge einer Geschichte der Entwickelung des Lebens festzustellen.

Digitized by Google

Physische Geographie früherer Perioden.

Mit den bisher genannten sind die Aufgaben der historischen Geologie nicht erschöpft. Wir lernen die Verteilung der Sedimente des Meeres, des süßen Wassers und des Landes aus den einzelnen Perioden und die Verbreitung der Organismen kennen, und damit sind wir in stand gesetzt, über die physische Geographie der einzelnen Abschnitte in der Geschichte der Vorwelt Schlüsse abzuleiten. Wir müssen uns an das schwierige Problem wagen, die Festländer und Meeresbecken zur Zeit der Ablagerung der einzelnen Schichtkomplexe zu rekonstruieren und die Temperaturverhältnisse festzustellen, die damals auf der Erdoberfläche herrschten. Allerdings stehen wir in dieser Beziehung noch in den ersten Anfängen eines richtigen Erkennens; aber alle Resultate, die wir in dieser Richtung erzielen können, sind von so großer und für die verschiedensten Gebiete der Geologie tief eingreifender Bedeutung, daß gerade dieser Gegenstand die gespannte Aufmerksamkeit verdient und bei keiner Untersuchung außer Augen gelassen werden sollte.

Über die Temperaturverhältnisse früherer Perioden sind schon viele Hypothesen aufgestellt worden, für die lange Zeit hindurch die Land- und Süßwasserbewohner maßgebend waren. Man fand in den ältesten Ablagerungen, die eine reichere Landflora enthalten, neben ganz fremdartigen Typen in den verschiedensten Gegenden Baumfarne und Sagopalmen, die heute nur in warmen Gegenden leben; auch später, in der mesozoischen Zeit, sind diese beiden Typen sehr verbreitet, und ebenso finden wir beim Erscheinen der ersten Blütenpflanzen in der unteren Kreide vorwiegend Formen, die heute unter den Tropen leben. In gleicher Weise sind die Insekten der älteren Perioden größtenteils mit Typen der heißen Zonen nahe verwandt, und auch bei den Meerestieren treffen wir manche analoge Erscheinungen an, z. B. das Auftreten von Riffkorallen im hohen Norden. Ebenso findet man beim Beginn der Tertiärzeit z. B. in Europa eine Organismenwelt von durchaus tropischem Typus; jedoch ist eine Gliederung in klimatische Zonen sehr deutlich bemerkbar, und im Verlauf des Tertiär treten die Formen der äquatorialen Region mehr und mehr zurück und machen solchen der gemäßigten Gegenden Platz. Vor allem waren in dieser Richtung von großer Wichtigkeit die Untersuchungen von Heer über die fossilen Floren der Polargegenden, die für den hohen Norden eine ähnliche Veränderung im Verlauf der Tertiärzeit nachwiesen, nur mit dem Unterschied, daß in Grönland ꝛc. die Typen, deren Verwandte heute in kälteren, borealen Gegenden leben, immer schon in etwas älteren Schichten vorkommen als in Europa.

Die Schlüsse, die man aus diesen Erscheinungen zog, waren sehr weittragender Art. Man nahm an, daß vom ersten Auftreten der Organismen an bis zum Ende der Kreidezeit ein heißes Klima über die ganze Erde, von den Polen bis zum Äquator, geherrscht habe, und daß erst seit Beginn der Tertiärzeit eine allmähliche Abkühlung bis zu dem heutigen Zustand und gleichzeitig eine Gliederung in klimatische Zonen eingetreten sei.

Diese Ansicht war wohl längere Zeit hindurch ziemlich allgemein, aber naturgemäß mußten schwere Bedenken dagegen aufkommen. Es ist schwer faßbar, durch welche Faktoren denn in vortertiärer Zeit von den Polen bis zum Äquator gleichmäßige Temperatur hervorgebracht wurde, obwohl doch damals wie heute offenbar die Polarregionen weniger Sonnenwärme erhielten und durch Ausstrahlung in den langen Polarnächten mehr Wärme verloren als die Tropen. Man glaubte, daß die innere Erdwärme damals so bedeutend war, daß durch diese unterirdische Heizung die klimatischen Unterschiede ausgeglichen worden seien. Allein eine solche Annahme stößt auf außerordentliche Schwierigkeiten, die wir in einem späteren Abschnitt kennen lernen werden. Wir können überhaupt auf die Ursachen der klimatischen Verhältnisse der Vorzeit noch nicht

Digitized by Google

eingehen, da wir die zu erklärenden Thatsachen noch viel zu wenig kennen; an dieser Stelle ist es nur unsere Aufgabe, einige fundamentale Erscheinungen kennen zu lernen und die Methoden zu prüfen.

Wohl die erste und tiefgreifendste Erschütterung des Glaubens an eine früher allgemein herrschende hohe Temperatur brachte die Entdeckung mit sich, daß zwischen der Tertiärzeit mit ihrem aller Wahrscheinlichkeit nach warmen Klima und der Jetztzeit eine Kälteperiode, die bekannte und vielbesprochene Eiszeit, Platz gegriffen hat. Hätte wirklich in alten Perioden die innere Erdwärme erhöhte Temperatur verursacht, so müßte von der Urzeit bis heute eine langsam und gleichmäßig fortschreitende Abkühlung stattgefunden haben, und eine Wiederkehr wärmeren Klimas in der jetzigen Periode nach Schluß der Eiszeit schien demnach mit jener Hypothese unvereinbar. Wohl ist, wie wir später sehen werden, die Beweiskraft dieses Arguments nicht so groß, wie sie auf den ersten Blick zu sein scheint, aber jedenfalls war die Wirkung desselben bedeutend. Ging man doch so weit, für frühere Abschnitte der Erdgeschichte eine oftmalige periodische Wiederkehr von ähnlichen Kälteperioden anzunehmen, so daß diese in einer langen Reihe mit Wärmeperioden abwechseln sollten. Obwohl nun diese Annahme der nötigen Begründung entbehrt, so läßt sich doch kaum mehr in Abrede stellen, daß aus den letzten Phasen der paläozoischen Ära Erscheinungen vorliegen, die kaum anders als durch die Wirkung großer Eismassen erklärt werden können.

Will man weiter in die Prüfung des Problems eingehen, so hat man zwei Fragen voneinander zu trennen. Einerseits handelt es sich um die Gleichmäßigkeit des Klimas vom Pol bis zum Äquator, anderseits um den damaligen Temperaturgrad. Wir beschäftigen uns zunächst mit diesem Gegenstand. Die Methode ist sehr einfach: man sucht die nächsten lebenden Verwandten der fossilen Formen auf und nimmt dann an, daß jene geologisch alten Typen unter denselben klimatischen Verhältnissen gelebt haben wie deren lebende Analoga. Hierbei zeigt es sich sehr häufig, namentlich unter den Landbewohnern, daß speziell tropische Formen in unseren Gegenden und auch in hohen Breiten in den alten Ablagerungen gefunden werden. Aus solchen Vorkommnissen wird im allgemeinen auf warme Temperatur geschlossen; oft aber geht man weiter und sucht aus dem Charakter einer Flora oder Fauna geradezu die mittlere Jahrestemperatur zu bestimmen, die in der betreffenden Gegend während einer der alten Formationen herrschte.

Der Wert aller dieser Schlüsse hängt von der Richtigkeit der Annahmen ab, daß nahe miteinander verwandte Formen unter denselben oder sehr ähnlichen klimatischen Verhältnissen leben müssen, und daß im Laufe langer geologischer Perioden keine Akklimatisation stattfinden könne. Sobald sich diese Voraussetzungen als irrig erweisen oder nicht bewiesen werden können, fallen natürlich alle die Folgerungen in sich zusammen. Wenn wir nun an die Prüfung dieser Voraussetzungen gehen, stoßen wir sofort auf eine Menge auffallender Widersprüche: so müssen z. B. Elefant und Nashorn nach ihrem jetzigen Vorkommen in Afrika und Indien als eminente Charaktertiere heißer Gegenden betrachtet werden, und doch weiß man, daß Angehörige dieser beiden Gattungen in der Diluvialzeit unter einem kalten Klima gelebt haben; man findet ihre Reste im sibirischen Eisboden, und die Speiseüberreste, die in ihren Zähnen enthalten sind, rühren von hochnordischen Pflanzen her. Anderseits weiß man, daß in der jetzigen Schöpfung eine und dieselbe Art unter verschiedenen Himmelsstrichen gedeiht, und daß sehr nahe miteinander verwandte Formen unter kontrastierenden äußeren Verhältnissen leben, wie z. B. die Füchse, die in einander ganz nahe stehenden Arten von den kältesten bis zu den heißesten Gegenden vorkommen.

Von großer Wichtigkeit ist für unseren Gegenstand vor allem die Beobachtung, daß in den alten Formationen zwar tropische Typen eine sehr hervorragende Rolle spielen, daß aber neben ihnen auch Tiere und Pflanzen auftreten, wie sie heute den kälteren Regionen eigen sind. So finden sich in der Flora der böhmischen Kreideformation neben einer Reihe tropischer Formen auch Kirsche, Weide und Epheu. Eine der häufigsten und bezeichnendsten Muschelgattungen der älteren

Digitized by Google

Ablagerungen, die Gattung Astarte, ist heute fast auf die nordischen Meere beschränkt, und dasselbe gilt von der Gattung Cyprina. Die Trigonien, vielleicht die bezeichnendsten Muscheln in Jura und Kreide, finden sich jetzt an der Südküste von Australien, und die Haifischsippe Selache der Kreideformation Europas ist heute an der grönländischen Küste heimisch. Unter den marinen Tieren werden die Riffkorallen als der auffallendste Beleg für die heiße Temperatur der alten Formationen angeführt; heute bedürfen sie zum Gedeihen einer Wassertemperatur, die nie unter 20° C. fällt, und doch finden wir paläozoische Korallen jenseit des 70. Grades nördlicher Breite. Einen durchaus analogen Fall, der aber genau das Gegenteil zu beweisen scheint, sehen wir bei den Mooskorallen oder Bryozoen, deren fossile Vertreter in zwei Abteilungen, die Chilostomen und die Cyklostomen, zerfallen; jene finden sich vorwiegend in jüngeren Ablagerungen, wogegen in den älteren die Cyklostomen vollständig dominieren, die heute die kalten Meere bewohnen.

Solche Beispiele zeigen, daß die weitgehendsten Akklimatisationen vor sich gegangen sind, mögen sich nun Organismen wärmerer Regionen an die Kälte gewöhnt haben oder umgekehrt. Überhaupt findet man oft genug bei näherer Prüfung, daß die in dieser Beziehung vorgebrachten Belege einer Kritik in keiner Weise standhalten. So hört man z. B. oft die Behauptung, daß das Vorkommen der sogenannten Ammoniten in den mesozoischen Ablagerungen für tropische Wärme spreche. Die Ammoniten waren Weichtiere aus der Klasse der Kopffüßer oder Cephalopoden, zu denen die Tintenfische, der Nautilus und viele andere, gehören. Da nun der Nautilus jetzt nur in heißen Meeren lebt, wurde für alle Ammoniten dasselbe angenommen, wobei namentlich auf das Vorkommen sehr großer Ammoniten Wert gelegt wurde. Nun gehört aber Nautilus einer ganz anderen Abteilung der Cephalopoden an als die Ammoniten. Was aber die bedeutende Größe mancher Ammoniten anlangt, so beweist dieselbe noch weniger; in unseren Meeren kommen, allerdings sehr selten, riesig große Cephalopoden vor, wahre Ungeheuer, die mit ausgestreckten Armen eine Länge von mehr als 12 m erreichen. Diese gewaltigen Tiere finden sich jedoch vorwiegend in den Meeren der gemäßigten Zone, am meisten im Nordatlantischen Ozean.

Erweist sich somit manches Argument, das oft gebraucht worden ist, als unrichtig, so ändert es doch nichts an der Thatsache, daß in den alten Formationen und vor allem unter den Landorganismen tropische Typen sehr verbreitet sind. Es fragt sich daher, was aus diesem Umstande gefolgert werden kann, und wie sich diese Thatsache erklären läßt. Um die Bedeutung dieser Erscheinungen zu begreifen, müssen wir die Verhältnisse der Konkurrenz zwischen den Organismen verschiedener Wohnräume ins Auge fassen. Pflanzen und Tiere der großen Kontinente, die auf kleine ozeanische Inseln verpflanzt wurden, haben sich der einheimischen Fauna und Flora überall entschieden überlegen gezeigt. Vor den eingeschleppten europäischen und amerikanischen Unkräutern, die sich rapid vermehren und verbreiten, verschwindet die einheimische Flora der kleinen ozeanischen Inseln und Neuseelands wie vor einer mörderischen Pest, und mit ihr gehen zahlreiche Tiere unter, die von den autochthonen Pflanzen lebten. Es kommt dies daher, daß die Organismen großer Festlandsmassen unter sich einen erbitterten Kampf ums Dasein führen, da ihre Konkurrenz äußerst heftig ist. Die Formen, die in dieser Schule gehärtet sind, verdrängen die kleinen Floren und Faunen der Inseln, die einen sehr geringen Konkurrenzkampf zu bestehen hatten, mit derselben Leichtigkeit, wie der weiße Mann die wilde Bevölkerung von Tasmanien, Neuseeland 2c. überwunden und teils ausgerottet, teils dem Aussterben nahegebracht hat.

Die großen Festlandsmassen, die diese zähen und siegreichen Konkurrenten im Kampfe ums Dasein hervorbringen, sind heute vorwiegend im gemäßigten und nördlichen Teil der nördlichen Halbkugel angehäuft; hier liegen Europa, Nord- und Mittelasien, Nordamerika, und in der That heben verschiedene Forscher die große „aggressive Stärke" der Organismen der nördlichen gemäßigten Länder hervor, die sie nicht nur auf ozeanischen Inseln, sondern überall bewährt, wohin

Digitized by Google

sie gelangen. Diese Konzentration großer Festlandsmassen in der nördlichen Halbkugel ist aber nicht eine Erscheinung der Jetztzeit; sondern seit uralter Zeit, seit der Steinkohlenformation, finden wir hier mächtige Festlandssockel vor. Diese wurden zwar zeitweilig und teilweise vom Meere überflutet, aber nie ist, wie wir später sehen werden, der Charakter starker Landanhäufung auf der nördlichen Hemisphäre seit der Kohlenformation ganz verschwunden. Es konnte sich also hier seit früher Urzeit eine in heftigem Kampfe ums Dasein gestählte Organismenwelt festsetzen und immer neue Typen produzieren, die dann allmählich ihren Siegeszug nach Süden antraten. Dort konnten sie sich akklimatisieren, sie erhielten sich, verweichlichten aber dabei, während sich auf den nördlichen Kontinentalmassen inzwischen neue Formen gebildet hatten.

Wir sehen also, daß es für die sogenannte Polflüchtigkeit der Organismen zweierlei Erklärungen gibt. Die eine nimmt an, daß die ursprünglich auch im Norden angesiedelten Organismen eines warmen Klimas bei der allmählich eintretenden Abkühlung dort ausgestorben oder nach Süden gedrängt und durch neue, der Kälte angepaßte Formen ersetzt worden seien. Die andere Erklärung bedarf keiner Temperaturabnahme, sie betrachtet dieselben Erscheinungen lediglich als die Folge des steten Vordringens der Organismen der großen Landmassen infolge ihrer Kraft im Kampf ums Dasein.

Ein Kriterium, das uns in dieser Frage eine Entscheidung gestattet, finden wir in der heutigen Verbreitung der Organismen. Liegt die Ursache in einer allmählichen Abkühlung des Klimas der Erde, dann müssen die geologisch ältesten Landbevölkerungen in den heißesten Regionen der Erde leben; ist dagegen die zweite Annahme richtig, dann müssen wir sie nicht hier, sondern südlich von den Wendekreisen, auf den Inseln der südlichen gemäßigten Zone oder auf den südlichen Enden der Kontinentalmassen, finden. In der That ist dies der Fall: unter den größeren Landkomplexen der Erde hat entschieden Neuseeland die altertümlichste Fauna; Säugetiere fehlen, statt ihrer waren bis vor kurzem zahlreiche große, straußähnliche Vögel (Dinornis) vorhanden, und unter den Reptilen finden wir in Hatteria, der sogenannten Brücken-Echse, ein unter den lebenden Formen durchaus fremd und isoliert dastehendes Geschöpf, das nur mit den geologisch ältesten Reptilen verglichen werden kann. Nächst Neuseeland ist die australische Region durch die altertümlichen Charaktere ihrer Fauna ausgezeichnet. Die höher organisierten placentalen Säugetiere fehlen dort noch, es sind nur Monotremen (Schnabeltiere ꝛc.) und Beuteltiere vorhanden, also eine Entwickelung, die sich mit den vortertiären Vorkommnissen in Europa vergleichen läßt. Diese Fauna ist speziell auf dem Gebiete zwischen 10 und 40° südlicher Breite entwickelt, aber ihre extremste und kräftigste Ausbildung findet sie auf dem noch weiter südlich gelegenen Tasmanien. Auch Madagaskar ist durch eine altertümliche Säugetierfauna ausgezeichnet.

Diese Verhältnisse weisen also darauf hin, daß nicht in einer steten Abnahme der Temperatur die Ursache für das Vorrücken nordischer Arten gegen Süden gegeben ist, und daß für solche klimatische Änderungen in den bisher besprochenen Erscheinungen kein Beweis liegt. Aber man darf auch in der entgegengesetzten Richtung nicht zu weit gehen und dem Charakter der Fauna und Flora alle und jede Beweiskraft absprechen. Die Akklimatisation ist jedenfalls ein Vorgang, der nur sehr allmählich erfolgt, und es wird sich daher die Unzuverlässigkeit der Methode namentlich bei den alten und sehr alten Formationen am meisten geltend machen. Dagegen wird man dem Typus der Organismen bei jüngeren Ablagerungen jedenfalls in ausgedehntem Maße Rechnung tragen müssen. Wenn wir z. B. in einer diluvialen Ablagerung Reste der Zwergbirke, des Renntieres, des Moschusochsen, des nordischen Vielfraßes, des Halsbandlemmings und des Polarfuchses und etwa einige Landschnecken finden, die heute nahe dem Polarkreis oder in den Hochalpen vorkommen, so werden wir daraus jedenfalls auf ein kaltes Klima schließen dürfen. Ebenso liegen auch wohl die Schichten der Tertiärzeit unserer Epoche noch nahe genug, daß man

Digitized by Google

aus den Fossilresten auf ein sehr warmes Klima schließen darf, das zu Beginn des Tertiär herrschte und sich dann allmählich abkühlte. Dagegen geht man sicherlich über die Grenze der thatsächlichen Verhältnisse viel zu weit hinaus, wenn man aus der Flora irgend einer Tertiärlokalität sogar die damalige mittlere Jahrestemperatur jener Örtlichkeit bestimmen will.

Speziell für die älteren Formationen ist der Wert der besprochenen Methode höchst problematisch; hier aus dem Charakter von Fauna und Flora irgend einen Schluß ableiten zu wollen, ist sehr gewagt. Von entschieden größerer Bedeutung ist eine andere Art der Untersuchung, die die Verbreitung der einzelnen Typen innerhalb der verschiedenen Formationen verfolgt. Hier wird gar keine Rücksicht darauf genommen, ob die nächsten lebenden Verwandten in warmem oder kaltem Klima leben, sondern es ist nur die Frage, ob in den alten Perioden Unterschiede in der geographischen Verbreitung hervortreten, die mit der größeren oder geringeren Entfernung vom Pol zusammenhängen. Auf diese Weise wird zunächst freilich nur der Nachweis geliefert, ob eine Gliederung in klimatische Zonen in einem bestimmten Zeitraum existiert hat oder nicht; allein wenn das auch ein sehr eng gestecktes Ziel ist, so wäre es doch schon ein sehr wesentlicher Fortschritt, wenn es für alle Abschnitte der Erdgeschichte gelöst werden könnte. Erst wenn dies geschehen sein wird, und wenn wir die Grenzen der durch die Meerestemperatur bedingten „homoiozoischen Gürtel", der Zonen mit analoger Meeresfauna, für jede Formation annähernd festgestellt haben werden, kann man an einen weiteren Fortschritt denken. Erst dann wird man die Frage in Angriff nehmen dürfen, ob überhaupt früher durchaus ein wärmeres Klima herrschte, oder ob wärmere und kältere Abschnitte miteinander wechselten, und welche Perioden der Erdgeschichte in die eine oder in die andere Abteilung gerechnet werden müssen.

Natürlich ist für solche Untersuchungen vor allen Dingen eine ausgebreitete Kenntnis der Verbreitung und Entwickelung der verschiedenen Formationen notwendig. Glücklicherweise haben die letzten Zeiten gerade in dieser Hinsicht eine sehr große und erfreuliche Erweiterung unserer Kenntnis gebracht. Die Reiseunternehmungen in ferne Gegenden werden immer häufiger, immer neue Gebiete werden der Wissenschaft erschlossen, und mehr und mehr nimmt auch bei den kühnen Pionieren in fremden Weltteilen und bei denen, die die Reisen planen und organisieren, das Bewußtsein überhand, daß es nicht genüge, weite Gebiete zu durchstreifen und Karten und geographische Notizen mitzubringen, sondern daß auch brauchbare Materialien für die Naturkunde der Länder gesammelt werden müssen.

Allerdings bieten die vorliegenden Thatsachen nicht sofort ein klares Bild, aus dem sich die Einflüsse klimatischer Verhältnisse leicht erkennen lassen. Ablagerungen, die in stark verschiedener Faciesentwickelung auftreten, lassen sich kaum miteinander vergleichen, Abweichungen, die durch geographische Trennung, durch Zugehörigkeit zu verschiedenen durch Kontinente getrennten Meeresbecken oder zu verschiedenen Landmassen bedingt sind, müssen von jenen unterschieden werden, die auf Temperaturverhältnisse zurückgeführt werden dürfen. Überhaupt ist es notwendig, sich eine Vorstellung von der Verteilung von Wasser und Land während der einzelnen Perioden zu machen.

Wir gelangen damit zu einem weiteren, dem schwierigsten Problem der historischen Geologie, der Rekonstruktion der alten Festländer und Meeresbecken. Obgleich es auf den ersten Blick sehr einfach scheint, auf den geologischen Karten nachzusehen, in welchen Gegenden für jede einzelne Formation Meeresablagerungen verzeichnet sind, und diese Regionen als die damaligen Meere zu betrachten, zeigt doch die flüchtigste Überlegung die vollständige Unzulänglichkeit einer solchen Methode. Die ungeheure Wirkung der Denudation, die mächtige Schichtsysteme zerstört, wäre dabei vollständig unberücksichtigt gelassen, und für alle Gegenden, die heute vom Meere bedeckt sind, wäre überhaupt jede Möglichkeit der Kombination abgeschnitten. Hier muß uns wieder die Verbreitung der verschiedenen Tier- und Pflanzenformen leiten; ferner muß der

Digitized by Google

Charakter der einzelnen Ablagerungen sorgsam beachtet werden, ob sie in der Nähe der Küste oder in offenem Meere gebildet sind. Natürlich wird es niemals gelingen, auch nur einigermaßen genaue Karten der Verteilung von Wasser und Land während der einzelnen Abschnitte zu entwerfen; die Gliederung der Kontinente, die Lage der Inseln, die gewiß zu jeder Zeit in zahlloser Menge wie heute vorhanden waren, werden uns zum weitaus größten Teil niemals bekannt werden, wir können nur die ungefähre Lage der Kontinente und Meeresbecken bestimmen und nur in besonderen Fällen näher in Einzelheiten eindringen. Auch hier stehen wir erst am Anfang der Erkenntnis; aber bei der raschen Vermehrung der Nachrichten über die versteinerungsführenden Ablagerungen in fernen Gegenden dürfen wir auf raschen Fortschritt hoffen, und so schwierig auch die Lösung der Aufgabe ist, so außerordentlich ist auch deren Bedeutung. Wenn wir die Verteilung von Wasser und Land für eine größere Zahl von Abschnitten aus der Erdgeschichte kennen werden, dann wird sich eine Reihe der dunkelsten Probleme aus der dynamischen Geologie fast von selbst lösen. Die Frage nach der Beständigkeit oder Veränderlichkeit der Festlandssockel und der Meeresbecken wird sofort beantwortet werden können; wir werden beurteilen können, ob bei den Verschiebungen des Standes von Wasser und Land Schwankungen des Meeresspiegels oder Hebungen und Senkungen des Festen die Hauptrolle spielen, ob abwechselndes Zuströmen des Wassers von den Polen zum Äquator und umgekehrt stattfindet, oder ob das Wasser abwechselnd auf der nördlichen und dann wieder auf der südlichen Halbkugel angesammelt ist. In einzelne dieser Gegenstände gewähren schon unsere heutigen Ergebnisse einen ersten, schwachen Einblick; weitaus das meiste bleibt noch zu thun übrig.

Feldgeologie.

Wir haben die hohe Bedeutung der historischen Geologie für eine Reihe der wichtigsten theoretischen Fragen kennen gelernt; in gleicher Weise greift die genaue Kenntnis des Schichtenbaues auch in praktische Verhältnisse ein. Schon der Umstand, daß die wichtigsten nutzbaren Mineralstoffe, alle Kohle, ein großer Teil des Eisens, Petroleum und eine Reihe anderer, ihre Lagerstätte in geschichteten Gesteinen haben, läßt dies erkennen. Aus der Aufeinanderfolge und Fossilführung der Schichten kann man in sehr vielen Fällen darauf schließen, ob und in welcher Tiefe an einem Punkte Aussicht vorhanden ist, Kohlen, Eisen ꝛc. zu finden, und ob diese Minerale unter Verhältnissen lagern, die einen lohnenden Abbau ermöglichen.

Von der Aufgabe und der Thätigkeit des Geologen in dieser Hinsicht macht man sich vielfach eine falsche Vorstellung. Die erste Auffindung von Kohle, von Erzen ꝛc., die unmittelbar an der Oberfläche liegen, verdankt man wenigstens in zivilisierten Ländern wohl nur in seltenen Fällen den Untersuchungen des Geologen; solche Dinge sind auffallend genug, von Laien bemerkt zu werden, und die Einwohner einer Gegend kennen sie längst. Dem Geologen oder dem geologisch geschulten Bergmann fällt meist nur die Beurteilung ihres Wertes anheim. Häufig kommen diese in die Lage, vor der Überschätzung solcher Funde zu warnen, und in zahllosen Fällen hat es sich bitter gerächt, daß man versäumt hat, einen derartigen Rat einzuholen. Wo wirklich wertvolle Minerale vorhanden sind, bietet die geologische Untersuchung die Daten über Ausdehnung und Reichhaltigkeit in der Tiefe, wie sie zu einem rationellen Betrieb nötig sind; sie kann aber auch angeben, wo etwa in der Tiefe Flöze von Kohle mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind, die sonst nie der Ausbeutung zugänglich gemacht werden könnten.

Wir gehen hier nicht näher auf diese Gegenstände ein, da den nutzbaren Mineralen am Ende dieses Bandes ein gesonderter Abschnitt gewidmet ist.

Digitized by Google

Die Darstellung aller der bisher besprochenen Verhältnisse zeigt, welch wichtige Aufgaben der historischen Geologie im Bunde mit der Paläontologie zur Lösung vorliegen, wie große Schwierigkeiten ihr auf diesem Wege entgegenstehen, welch mühsamer Arbeit und wie wachsamer, einschneidender Kritik es bedarf, um auch nur einen Schritt weiter zu thun im Verständnis der allgemeinen Fragen. Die Grundlage bildet die sorgfältigste und gewissenhafteste Erforschung aller Lokalverhältnisse ohne die geringste theoretische Voreingenommenheit. Hier ist die Bahn frei, auf der jeder ohne tiefe Gelehrsamkeit, nur mit Fleiß und Sorgfalt, mit offenem Auge und mit Liebe zur Sache ausgerüstet, der Wissenschaft wahren und bleibenden Nutzen schaffen kann. Wer immer in einer geologisch auch nur halbwegs interessanten Gegend seine freien Stunden dazu benutzt, mit dem Hammer in der Hand Berg und Thal zu durchstreifen, wer die Aufeinanderfolge der Schichten an jedem Gehänge, in jedem Steinbruch, in jeder Thongrube studiert und ihre Versteinerungen genau nach Fundorten und nach einzelnen Bänken sammelt und aufbewahrt, der fördert die Sache. Für jeden, der Liebe zur Natur hat, wird eine solche Beschäftigung eine unversiegbare Quelle der Anregung und Befriedigung bilden, wenn sich allmählich der geologische Bau der Umgebung klar vor seinen Augen entrollt, wenn jede neue Exkursion neue Belehrung bringt, wenn Meißel und Präpariernadel aus einem unscheinbaren Gesteinsstück ein schönes Fossil bloßlegen und sich die reiche Fülle der Versteinerungen in der Sammlung entfaltet.

Die unentbehrliche *Ausrüstung* für den Geologen besteht in erster Linie aus einem guten geologischen Hammer und einem Bergkompaß, ferner einer Umhängetasche, Papier zum Etikettieren und Einwickeln der gesammelten Stücke, endlich einem Notizbuch und einem Bleistift. Von größtem Nutzen ist gutes Kartenmaterial, denn auf keine andere Weise erlernt man die geologische Anschauung rascher und besser als dadurch, daß man jeden Weg bei einer Exkursion auf der Karte verfolgt, sich jeden Augenblick genau Rechenschaft darüber zu geben sucht, wo man sich befindet, und jede einigermaßen wichtige Beobachtung sofort mit wenigen Buchstaben oder Worten an ihrem Ort auf der Karte einzeichnet.

Die erste Sorge des Lokalforschers wird wohl sein, *versteinerungsführende Ablagerungen* und Fundstellen zu entdecken. Nur selten sind diese in so großer Menge und so auffallend vorhanden, daß es fast nicht möglich ist, sie zu übersehen; meist erfordert es einige Übung, ein fossilführendes Gestein als solches zu erkennen und nicht allzuviel Zeit an Punkten zu verlieren, die gar keine Aussicht auf Ausbeute bieten. In Massengesteinen, in kristallinischen Schiefern oder deutlich kristallinischen, zuckerkörnigen Kalken zu suchen, ist in der Regel vergeblich. Von normalen Schichtgesteinen enthalten sehr dickbankige, namentlich rote Sandsteine nur sehr selten Fossile, auch in reinen, dickbankigen Kalken und Dolomiten sind sie meist spärlich; in diesen versprechen aber solche Stellen, die eine lokale rötliche Färbung zeigen, bisweilen günstige Ausbeute.

Kommt man an eine Stelle, wo Gesteine aufgeschlossen sind, d. h. von Schutt- und Humusbedeckung 2c. frei anstehen, so sieht man zunächst die von Erde und Schmutz reinen Verwitterungsflächen genau an, um Durchschnitte oder Auswitterungen von Versteinerungen zu finden. Ergibt sich einige Aussicht auf Erfolg, dann zertrümmert man eine möglichst große Anzahl von Blöcken, und ist die Felsart schieferig, so spaltet man die Platten mit der Schneide des Hammers. Bei thonigen Gesteinen liest man auf, was aus der Thondecke hervorragt, und läßt dann mit Hacke und Schaufel den Boden aufgraben. Nach eignem Ermessen muß man beurteilen, wie das Sammeln im einzelnen Falle einzurichten ist. Bald muß man sehr viele Blöcke zerschlagen, bald ist man auf das angewiesen, was durch Verwitterung bloßgelegt ist, da sich die Fossile beim Klopfen nicht aus dem Gesteine lösen. Gerade die *erschöpfende* Ausbeutung der Versteinerungsfundorte ist Hauptaufgabe des Lokalgeologen; er kann einen und denselben Ort oft besuchen und hat sich mit den Arbeitern in Steinbrüchen, Thongruben 2c. und mit Brunnengräbern in

Digitized by Google

Verbindung zu setzen, um ihre Funde zu bekommen und von jedem neuen Aufschluß Kenntnis zu erhalten. Bei Anlage von Eisenbahnen und Straßen, bei Grundaushebungen für Neubauten und ähnlichen Gelegenheiten wird oft auf kurze Zeit eine reiche Schicht zugänglich gemacht, aus der man später Dezennien hindurch kein Stück mehr erhält. Wer nicht selbst eingehendere paläontologische Studien gemacht hat, sollte jedes gut erhaltene Exemplar mitnehmen, dessen er habhaft werden kann, möge dabei eine Art auch durch Hunderte von Exemplaren vertreten sein, da oft gerade ein sehr reiches Material von einer und derselben Form zur Lösung mancher Fragen notwendig ist. Außer den Versteinerungen nimmt man noch von thonigen und mergeligen Materialien eine Probe mit, um sie gelegentlich auf das Vorhandensein mikroskopischer Reste zu untersuchen.

Folgen an einer Stelle deutlich aufgeschlossen mehrere Schichten übereinander, die in der Gesteinsbeschaffenheit oder ihren Fossilen voneinander abweichen, so muß ihre Reihenfolge genau verzeichnet, ein „Profil" aufgenommen werden, in dem alle Beobachtungen genau zu verzeichnen sind. Als Beispiel mag ein solches hier angeführt werden, das im Jura der Sette Comuni nördlich von Vicenza aufgenommen wurde:

„Bei Asiago, wenige Minuten südlich vom Tanzer Loche; Abhang gegen Val d'Assa; Profil aufgenommen am 26. April 1871. Schichtlage annähernd horizontal; in der Tiefe mächtige Triasdolomite mit Turbo solitarius, darüber Verstürzung der Schichten durch Schutt, dann folgen von unten nach oben:

1) Grauer bituminöser Schieferthon mit Lithiotis, etwa 2 Fuß.
2) Graue mergelige Kalke mit Resten von Landpflanzen, aber ohne marine Fossilien, 1,5 Fuß.
3) Schieferthon mit Lithiotis, 1,5 Fuß.
4) Dünne graue Kalkbank, fast ganz aus kleinen Austernschalen bestehend, 2 Zoll.
5) Versteinerungsleere Kalke, 10 Fuß.
6) Kalk mit Terebratula Rozzoana u. Renieri, 6 Fuß.
7) Etwa 12 Fuß der Schichtfolge durch Schutt verdeckt.
8) Graue Kalkbank mit Terebratula Renieri; Mächtigkeit?
9) Gelber dolomitischer Kalk ohne Versteinerungen, 5 Fuß.
10) Klotzig vorspringende Kalkbank ohne Versteinerungen, 2,5 Fuß.
11) Dünne grau und rote Thonbank, 1 Zoll.
12) Mächtige, klotzige Kalkbänke mit Lithiotis; die tiefste derselben enthält auch Terebratula Renieri; 30 Fuß.
13) Bank mit Terebratula Rozzoana, 9 Zoll.
14) Gelbliche und rötliche, knollige Kalkbank ohne Versteinerungen, etwa 6 Zoll mächtig, stellenweise linsenförmig anschwellend zu 3 Fuß Mächtigkeit und dann mit zahllosen, meist zertrümmerten Versteinerungen; einzelne derselben gut erhalten; Stephanoceras rectelobatum, Posidonomya alpina, Terebratula curviconcha, Pentacrinus.
15) Mächtige rote Ammonitenkalke schließen das Profil nach oben ab."

Die genaue Aufnahme solcher Profile ist stets von bleibendem Wert, ja eine solche Aufzeichnung kann vielleicht nach Jahren, wenn der beschriebene Aufschluß nicht mehr zugänglich sein sollte, von großer Wichtigkeit werden. Überflüssig ist die genaue Aufnahme, wenn nur eine Schichtmasse von gleichmäßiger Gesteinsbeschaffenheit und ohne Fossile oder ohne nennenswerte Verschiedenheit in den Versteinerungen vorhanden ist.

Die an einem Orte gefundenen Schichten muß man nun an anderen Punkten der Umgebung wiederzufinden suchen und aus einer Kombination aller einzelnen Beobachtungen und Profile die ganze lokale Schichtfolge zusammenstellen. Ist das geschehen, und hat man viele einzelne Aufschlüsse der Umgebung besucht, so wird es gelingen, sich ein Bild vom ganzen Bau der Gegend zu machen, wenn dieser nicht sehr verwickelt oder die Bedeckung mit Vegetation und jungen Schwemmmassen und Schutt allzu bedeutend ist. Die Resultate werden in eine Karte eingezeichnet und die Grenzen der einzelnen Gesteinsabteilungen nach einer möglichst großen Zahl von Aufschlüssen eingetragen; schließlich koloriert man die Oberfläche, die jedes einzelne Gebirgsglied einnimmt, mit einer besonderen Farbe.

Digitized by Google

Mit der Aufnahme der geologischen Karte kommen wir zu einer speziellen Aufgabe, an deren Lösung die historische Geologie einen wesentlichen Anteil hat. Die große praktische Bedeutung genauer Karten dieser Art für Bergbau, Bodenkunde und nach verschiedenen anderen Richtungen hin hat alle zivilisierten Staaten veranlaßt, durch besondere Anstalten geologische Aufnahmen ins Werk zu setzen: zuerst England, dann Österreich und allmählich fast alle Staaten Europas[1]. Entschieden das bedeutendste Unternehmen in dieser Beziehung sind die geologischen Aufnahmen von Preußen und den thüringischen Staaten. Die meisten Staaten des Deutschen Reiches haben ihre Aufnahmen ähnlich eingerichtet, so daß im Laufe einer Reihe von Dezennien eine geologische Karte von Deutschland hergestellt sein wird, die an Genauigkeit und, nach den bisherigen Proben zu urteilen, auch an Übersichtlichkeit unübertroffen dasteht.

Die geologischen Karten können niemals dahin gebracht werden, daß sie den Bau eines Gebietes und die Verbreitung der Gesteine ohne jeden Fehler angeben. In den meisten Gegenden ist der größte Teil der Oberfläche von Ackererde oder von Vegetation bedeckt, und die Karte hat die Aufgabe, den Bau des Landes darzustellen, wie er sich ohne jene oberflächlichen Lagen dem Auge zeigen würde; sie ist also das Ergebnis einer theoretischen Kombination, sie ist der graphische Ausdruck der Vorstellung, die sich der wissenschaftliche Beobachter nach den beobachteten Aufschlüssen von der Zusammensetzung der Gegend gemacht hat. Je größer die Zahl der Aufschlüsse ist, und je mehr sie beobachtet und in die Karte eingetragen sind, um so geringer wird die Wahrscheinlichkeit eines Irrtums; aber ausgeschlossen ist ein solcher niemals, außer in Gegenden, wo, wie in der Sahara, die Gesteine ohne Vegetationsdecke und Humusüberkleidung zu sehen sind.

Ist selbst beim Vorhandensein zahlreicher Beobachtungen die Möglichkeit eines Irrtums nicht ausgeschlossen, so vermehrt sich diese natürlich in hohem Grade, wenn weniger positive Anhaltspunkte vorliegen; trotzdem kommt der Geolog oft in die Lage, aus verhältnismäßig wenigen Daten eine Karte zu entwerfen. Da eine solche nichts anderes sein will als die graphische Darstellung der Anschauung, die sich der Geolog von der Zusammensetzung eines Landes gemacht hat, so kann gegen einen derartigen Versuch nichts eingewendet werden, vorausgesetzt, daß genau angegeben ist, welcher Art die positiven Anhaltspunkte sind, und nirgends der Versuch hervortritt, den Schein größerer Genauigkeit zu erwecken. Unter Einhaltung dieser Regeln ist eine Karte selbst bei unvollkommener positiver Grundlage stets höchst erwünscht, da sie in jedem Falle ein viel besseres Bild vom Bau eines Landes gibt als die sorgfältigste Beschreibung.

Man muß dabei scharf zwischen Übersichtsaufnahmen und Detailaufnahmen unterscheiden; diese sollten durch möglichst genaue Beobachtung aller in einem Gebiete sichtbaren Erscheinungen eine so vollkommene Darstellung geben, wie sie der Natur der Gegend nach geleistet werden kann, während jene die Aufgabe haben, in einer gegebenen, in der Regel ziemlich kurzen Zeit eine möglichst große Anzahl von Thatsachen zu sammeln und zur Darstellung zu bringen. Jede der beiden Methoden hat ihre Berechtigung: in einem bekannten Lande sind nur Detailaufnahmen von Wert, dagegen wäre es ein Fehler, damit anzufangen, wenn es sich um Untersuchung einer noch wenig bekannten Gegend handelt; hier müssen zuerst die Hauptzüge, wenn auch nur in flüchtigen Umrissen, übersichtlich festgestellt werden, ehe man weiter geht.

[1] Offizielle Aufnahmen fehlen noch in Bulgarien, der Türkei und Griechenland.

Digitized by Google

2. Die älteren paläozoischen Ablagerungen (Grauwacken- oder Übergangsgebirge).

Inhalt: Die paläozoische Periode. — Die kambrische Formation. — Fauna der kambrischen Formation. — Fauna der Silurformation. — Verschiedene Typen des Silur. — Beispiele der silurischen Entwickelung. — Die Devonfauna. — Entwickelung und Verbreitung der Devonformation.

Die paläozoische Periode.

Die paläozoische Periode, die älteste unter den drei großen Abschnitten, in die die gesamte Aufeinanderfolge der fossilführenden Ablagerungen zerfällt, wird in fünf Formationen eingeteilt: 1) kambrische Formation, 2) Silurformation, 3) Devonformation, 4) Kohlenformation, 5) Permformation.

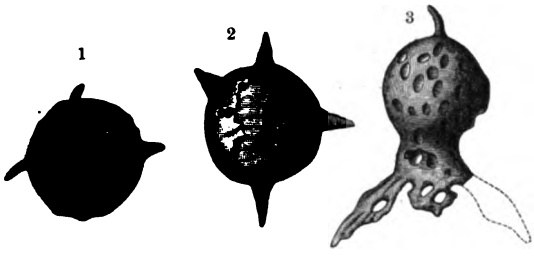
Diese ganze Schichtreihe mag wohl eine Dicke oder Mächtigkeit von 25,000 m repräsentieren, wenn man für jede einzelne Abteilung die größte Mächtigkeit in Rechnung zieht, die sie an irgend einem Punkte erreicht. Sehr zahlreich ist die Menge der aufeinander folgenden Faunen, die sie enthält, und ungeheuer lange die Zeitdauer, die sie vertritt. Die Veränderung, die die Organismenwelt währenddem erleidet, ist außerordentlich bedeutend: nicht eine einzige Form hat sich während der ganzen Periode oder auch nur während ihres größeren Teiles erhalten. Immerhin aber sind gewisse Charakterzüge vorhanden, die diese Urzeit späteren Abschnitten und vor allem der Neuzeit gegenüber auszeichnen und der damaligen Schöpfung ein fremdartiges und nach unseren Begriffen unerfreuliches Aussehen verleihen. Noch existiert keine Blumen tragende Pflanze auf Erden; riesige Schachtelhalme, Baumfarne, Sigillarien und Lepidodendren, gewaltige Bäume aus der Verwandtschaft unserer unscheinbaren Bärlappgewächse, herrschen in den Wäldern, begleitet von Nadelhölzern und Sagopalmen. Kein Vogel, kein Säugetier belebt die Gegend, Amphibien und einige Reptile, träge, kaltblütige Geschöpfe, sind die höchst organisierten Wesen. Unter den Insekten fehlen noch die bunten Schmetterlinge, die Fliegen und die Immen, überhaupt alle jene Formen, die auf die dikotylen Blütenpflanzen angewiesen sind. Am zahlreichsten vertreten sind Blattinen, nahe Verwandte unserer Küchenschaben; dazu gesellen sich Gespenstheuschrecken, Heuschrecken, vielleicht Käfer und eine Anzahl anderer, zum Teil ziemlich fremdartiger Typen. Daneben finden sich langbeinige Spinnentiere aus der Verwandtschaft der Kanker oder Weber (Opilioniden), vereinzelte Spinnen, Skorpione und Tausendfüßer; und rechnen wir dazu noch einige Landschnecken, so ist damit erschöpft, was wir von der Landbevölkerung kennen.

Im Wasser stellen einige Reptile und zahlreiche Amphibien die Herren der damaligen Schöpfung dar. Fische sind in sehr großer Zahl vorhanden. Aber die Knochenfische, die heute die Mehrzahl bilden, sind noch nicht erschienen; namentlich begegnen uns die sogenannten Ganoiden, mit meist rautenförmigen, schmelzglänzenden Schuppen, ferner Panzerfische, deren Körper mit einer starken Hülle mächtiger Knochentafeln bewehrt ist, und Haifische. Neben diesen Vertretern der Wirbeltiere erscheint ein fast unabsehbares Heer niedriger Lebensformen: zahllose Krebstiere, großenteils von sehr fremdartiger Form, kriechen auf dem schlammigen Grunde des Meeres, die schönen Gehäuse der Kopffüßer, eine Menge von Schnecken, Muscheln und Armfüßern, Stachelhäuter von eleganter Gestalt und reicher Verzierung wimmeln an vielen Orten in ungeheuern Scharen, und die Korallen führen ihre Riffbauten auf; sie und eine ganze Reihe anderer Typen lassen die Formenmannigfaltigkeit der niederen Meerestiere keineswegs geringer erscheinen, als sie heute ist.

Digitized by Google

Dieses Bild paläozoischen Lebens erhalten wir nur durch die Kombination der in den verschiedenen Formationen enthaltenen Fossile. Die Amphibien und Reptile, die Spinnentiere, die Insekten mit sehr wenigen Ausnahmen, endlich die Landschnecken sind nur aus den jüngeren Abteilungen bekannt, gehen wir weiter zurück, so verlieren sich auch die Spuren von Landpflanzen. Es entspricht daher den natürlichen Verhältnissen recht gut, wenn man, den alten Geologen folgend, die drei ersten Formationen (Kambrium, Silur und Devon) als eine große Unterabteilung der paläozoischen Ära zusammenfaßt und sie den späteren, durch reiche Landvegetation und das Auftreten von Amphibien und Reptilen ausgezeichneten Abschnitten (Kohlen- und Permformation) entgegenstellt. Wir wenden uns zunächst zu jener ersten Hälfte der paläozoischen Vorkommnisse, die den in der Geschichte der Geologie alt eingebürgerten Namen des Grauwacken- oder Übergangsgebirges erhalten hat.

Reiches organisches Leben erscheint zuerst in der kambrischen Formation. Doch sind es nicht die Erstlinge der Organismenwelt überhaupt, die wir hier finden. Wir haben im letzten Abschnitte des ersten Bandes gesehen, daß der kambrischen Formation noch die ungeheuer mächtigen kristallinischen Schiefer vorausgehen, die geschichtet sind und ihre abweichende Gesteinsbeschaffenheit einer Umänderung in späterer Zeit verdanken. Die Anwesenheit von Kalken, von Graphit und Anthracit macht es wahrscheinlich, daß während der ungeheuer langen Ablagerungszeit der kristallinischen Schiefer schon Organismen existiert haben (vgl. Band I, S. 660). Streng genommen wäre es daher die Aufgabe der historischen Geologie, zunächst die Geschichte der archäischen Bildungen vorzuführen. In der That sind mannigfache Versuche in dieser Beziehung gemacht worden, und in vielen Gegenden ist es gelungen, die Reihenfolge der kristallinischen Schiefer lokal festzustellen. Namentlich in England und in Nordamerika beschäftigt man sich sehr eingehend mit der näheren Gliederung der jüngeren kristallinischen Schiefer, des Algonkians der nordamerikanischen Forscher, und man hat für die unterschiedenen Schichtgruppen eine Reihe von Formationsbezeichnungen eingeführt. Dadurch ist wohl eine äußere Gleichstellung mit den Abteilungen der fossilführenden Formationen erzielt worden; aber in Wirklichkeit sind diese Namen vorläufig doch nur künstliche Schöpfungen, denen bei dem Mangel von Versteinerungen ein wahrer, lebendiger Inhalt abgeht. Deshalb fehlt es auch an sicheren Anhaltspunkten, um zu entscheiden, welche von diesen Bildungen in weit entfernten Gegenden als gleichalterig zu gelten haben.



Radiolarien aus dem präkambrischen Kieselschiefer von Saint-Lô (Bretagne): 1) Acanthosphaera; 2) Staurosphaera; 3) verwandt mit Lynodictyum. Stark vergrößert. (Nach Cayeux.) Vgl. Text, S. 35.

Trotzdem darf sich die Forschung dadurch von dem Versuche, in die Mannigfaltigkeit der jüngeren kristallinischen Schiefer tiefer einzudringen, nicht abhalten lassen. Ein positiver Erfolg ist jedenfalls schon zu verzeichnen, die Erkenntnis, daß innerhalb dieser mächtigen Schichtfolge wiederholt Unterbrechungen der Ablagerung stattgefunden haben. Dennoch können wir uns mit diesen erst in Gestaltung begriffenen Schichtgruppen nicht näher befassen, als dies schon geschehen ist (Bd. I, S. 655); nur einer wichtigen Thatsache müssen wir hier gedenken: des Vorkommens von Radiolarien im präkambrischen Kieselschiefer von Saint-Lô in der Bretagne.

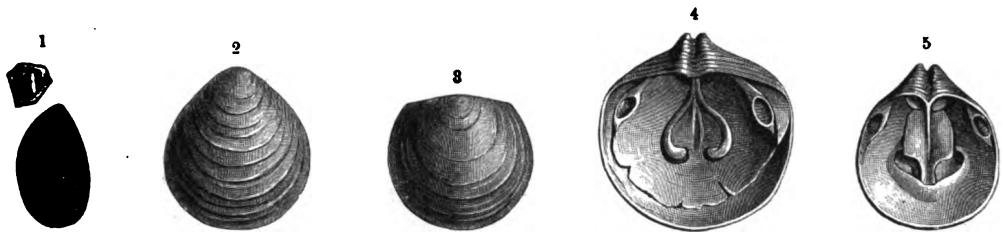
Zwar glaubte man schon wiederholt Spuren von Versteinerungen in präkambrischen Schichten in Nordamerika entdeckt zu haben, aber bald schien die organische Natur dieser Funde, bald die Zugehörigkeit der Schichten zur vorkambrischen Formation fraglich. Beides ist bei dem

Digitized by Google

Vorkommen von Saint-Lô ausgeschlossen: die Kieselschiefer mit Radiolarien liegen unzweifelhaft in vorkambrischen Phylliten, und an der organischen Natur ist (s. Abbildung, S. 34) wohl auch nicht zu zweifeln. Auffallend ist die außerordentlich geringe Größe dieser Radiolarien sowie deren mannigfaltige Gestaltung. Schon in diesen uralten Schichten treten neben einfachen sehr kompliziert gebaute Formen auf. Wir werden auf die Bedeutung dieser Thatsache wie auf die Gestaltung der Radiolarien weiter unten (S. 53) noch zurückkommen; hier sei nur hervorgehoben, daß dieser Fund gewiß geeignet ist, die Hoffnung auf andere derartige Entdeckungen wieder zu beleben, wenn wir auch niemals ein reiches organisches Leben in vorkambrischen Schichten entdecken werden.

Die kambrische Formation.

Sicheren Boden fühlen wir erst unter den Füßen, wenn wir zu den Ablagerungen der kambrischen Formation gelangen. Die kristallinischen Schiefer nehmen nach obenhin mehr und mehr den Charakter gewöhnlicher Sedimente an; dazu gesellen sich namentlich Sandsteine,



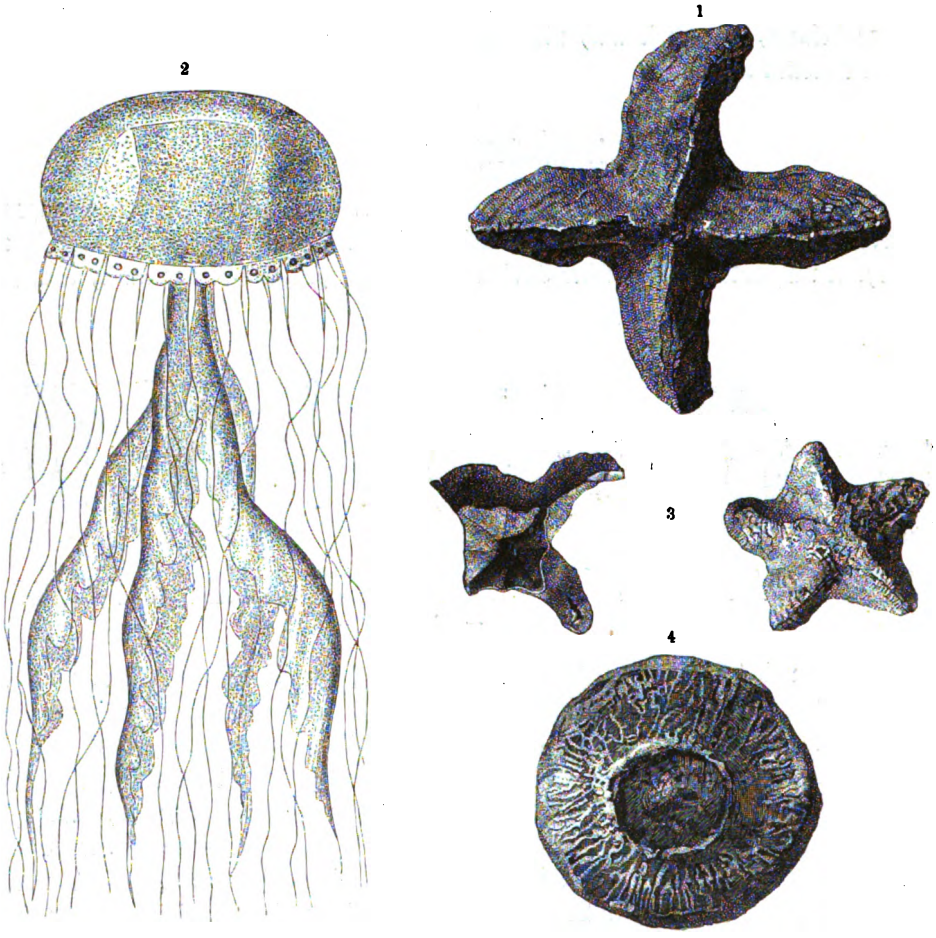
Kambrische Brachiopoden: 1) Lingulella ferruginea, in natürl. Größe und vergrößert. Aus dem unteren Harlech von Wales. Die älteste sicher deutbare Versteinerung, die bisher gefunden worden ist; 2 bis 5) Obolus Apollinis, von St. Petersburg. Etwas vergrößert. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 37 und 41.

Konglomerate und Thonschiefer. Dann trifft man auf eine Ablagerungslücke, und es erscheinen die kambrischen Schichten, die gewöhnlich mit Grundkonglomeraten oder mit groben Küstenablagerungen beginnen und oft auch über ältere Bildungen übergreifen. Scharf ist der Gegensatz namentlich dort, wo die kristallinischen Schiefer gefaltet, die kambrischen Schichten dagegen horizontal gelagert sind, wie in Rußland, in Nordamerika (vgl. Band I, S. 369).

Das Studium der kambrischen Ablagerungen hat in England begonnen, wo Sedgwick zuerst diese ältesten Flözbildungen als selbständige Formation auffaßte und dieser den Namen nach dem Kambrischen Gebirge in Wales gab. Hier erreichen die gewaltig gestörten und aufgerichteten Ablagerungen eine Mächtigkeit von einigen tausend Metern. Rote und violette Schiefer, verschiedenfarbige Konglomerate, Sandsteine und Breccien bezeichnen die tiefsten Bildungen der kambrischen Formation. Die Konglomerate, Trümmer archäischer Gesteine, betrachtet man als Grundkonglomerate, die das vordringende kambrische Meer durch Abnagung der archäischen Erdfeste gebildet hat. Lange Zeit kannte man aus diesen Schichten, die im Norden von Wales Longmyndgruppe, im Süden Caerfaigruppe genannt werden, nur undeutliche, mit Unrecht auf Fukoiden, Meeresalgen bezogene Reste, erst spät entdeckte man darin einen winzigen Armfüßer oder Brachiopoden mit horniger Schale, Lingulella ferruginea (s. Fig. 1 der obenstehenden Abbildung), ein kleines, unscheinbares Ding, dessen Interesse eben nur in seinem überaus hohen Alter liegt. Über diesen Schichten folgen abermals küstennahe Ablagerungen: mächtige Sandsteine, die sogenannte Harlechgruppe, mit Wellenfurchen und Trocknungsrissen. An den meisten Punkten ist die ganze Harlechgruppe äußerst arm an organischen Resten, nur in der

Digitized by Google

Umgebung von St. Davids im südlichen Wales kommen in ihren höheren Schichten schon zahlreiche Versteinerungen, namentlich Trilobiten, vor. In größerer Menge finden sich diese dann in der mittelkambrischen Abteilung, der Meneviangruppe; auch die oberste Abteilung, die dunkelfarbigen Lingulaschiefer (Festinioggruppe), ist ziemlich fossilreich. Dies mächtigste Glied des englischen Kambriums (über 1600 m) führt seinen Namen nach den stellenweise massenhaft vorkommenden Schalen der Gattung Lingula. Im Bereich dieser Schiefer werden drei Unterstufen



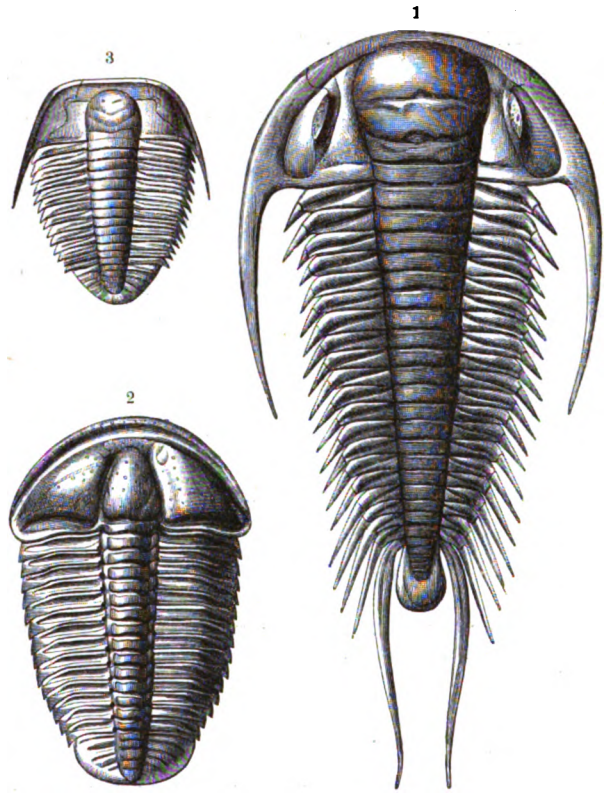
1) Spatangopsis, aus unterkambrischen Sandsteinen Schwedens; 2) lebende Meduse; 3) Gipsabguß des Körperhohlraumes lebender Medusen; 4) Abdruck einer Meduse auf kambrischem Sandstein Schwedens. (Nach Nathorst.) Vgl. Text, S. 37.

unterschieden. Als das oberste Glied des Kambriums faßt man in England die über den Linguladschiefern liegenden Tremadocschichten auf, weil sie noch die für das Oberkambrium besonders bezeichnende Trilobitengattung Olenus (s. Abb., S. 37) bergen. Da aber daneben schon zahlreiche silurische Typen vorkommen, zieht man diese Schichtgruppe besser wohl zum Silur. Wir werden solchen Übergangsbildungen von einer Formation zur anderen noch wiederholt begegnen.

Im westlichen England ist eine scharfe Abgrenzung des Kambriums nach oben dadurch erleichtert, daß hier eine an Dictyonema flabelliformis, einer Graptolithenart (s. Abb., S. 61, Fig. 11 und 12), reiche Lage auftritt, die wegen ihrer weiten Verbreitung im nördlichen Europa von Wichtigkeit ist und als oberster Grenzhorizont der kambrischen Formation betrachtet wird.

Digitized by Google

Während wir die kambrischen Ablagerungen in England und Schottland stark gestört und in Form von harten Sandsteinen, Thonschiefern und Quarziten ausgebildet sehen, überrascht uns eine ganz unerwartete Ausbildungsweise im russischen Ostseegebiete. In ungestörter Lage treten hier über dem Urgebirge horizontal geschichtete blaue Thone auf, wie wir sie sonst etwa in tertiären Bildungen zu finden gewohnt sind, und stellen den tiefsten, fast 100 m mächtigen Horizont der kambrischen Formation dar, der nach oben in wechsellagernde Thon- und Sandschichten übergeht. Diese haben eine große Wichtigkeit erlangt, weil man in ihnen außer winzigen, zum Teil als Orthoceren angesprochenen Resten auch eine Trilobitenart (Olenellus Mickwitzi) entdeckt hat, die wohl den geologisch ältesten Vertreter dieser merkwürdigen krebsartigen Tiere vorstellt. Höher hinauf wird die Ablagerung zu einem ungefähr 10—15 m mächtigen und versteinerungsleeren Sandstein, und darüber folgen bröckelige Sandsteine, die durch das häufige Vorkommen der für uralte Bildungen charakteristischen Brachiopodenfippe Obolus (s. Abbildung, S. 35, Fig. 2—5) ausgezeichnet sind. Den Abschluß der Formation bilden, wie in England, Schiefer mit den eigentümlichen Dictyonemen (s. Abb., S. 61, Fig. 11 u. 12); die höher liegenden glaukonitischen Sande, die Lagerstätte der ältesten bekannten Foraminiferen, sind schon zum Silur zu rechnen.



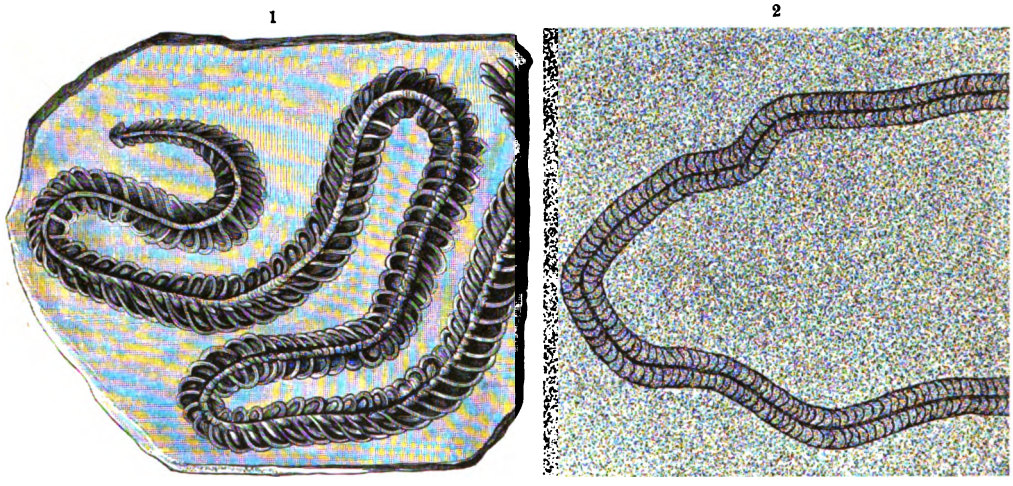
Kambrische Trilobiten: 1) Paradoxides und 2) Conocephalus, aus Böhmen (nach Barrande); 3) Olenus, aus Schweden (nach Angelin). Vgl. Text, S. 36, 38 und 40.

Auch in einem großen Teil von Skandinavien herrscht ungestörte und horizontale Lagerung. Zu unterst erscheint in Westgotland eine mächtige Sandsteinbildung, deren unterer Teil als Eophyton-, deren oberer als Fukoidensandstein bezeichnet wird. In diesen Schichten kommen merkwürdige Versteinerungen vor, deren Bedeutung erst durch die scharfsinnigen Untersuchungen von Nathorst klargestellt wurde. Man kannte aus diesen Ablagerungen seit längerer Zeit eigentümliche, vier- bis fünflappige, pyramidale Körper unter den Namen Spatangopsis, Protolyellia ꝛc. (s. Abbildung, S. 36). Nathorst fand nun bei Gelegenheit von Studien am Meeresstrande, daß manche dieser Körper auffallende Ähnlichkeit mit den Abdrücken besitzen, die Quallen oder Medusen auf dem Boden hervorbringen, ganz besondere aber mit künstlichen Ausgüssen der Leibeshöhle von lebenden Medusen. Andere Reste, unter der Bezeichnung Bilobites, Cruziana, Eophyton als Pflanzen beschrieben, sind wahrscheinlich nichts anderes als Ausfüllungen von Spuren, die unbekannte Tiere im sandigen Meeresufer hinterlassen haben. Eine überraschende Ähnlichkeit zeigen namentlich gewisse als Nereites cambrensis bezeichnete Körper (s. Abbild., S. 38) mit den Spuren von Purpura lapillus (s. Abbild., S. 38). Manche

Digitized by Google

dieser Formen mögen nichts anderes sein als die Ausfüllung zufälliger Eindrücke, wie sie vom Wasser hin und her bewegte Gegenstände, Algenbüschel u. dgl., im Ufersande hervorbringen. Niemals finden sich die vermeintlichen Pflanzenreste auf der Oberseite der Sandsteinbänke, sondern stets im Halbrelief auf der Unterseite, wie das erwartet werden muß, wenn sie wirklich Ausfüllungen von Kriechspuren bilden.

So sehen wir uns an ein uraltes Ufer versetzt, an dem zeitweilig Medusenschwärme strandeten, wie man das auch heute noch an allen Küsten beobachten kann, und das offenbar durch zahlreiche und verschiedenartige Tiere belebt wurde, von denen uns nur die dürftigste schattenhafte Überlieferung geblieben ist. Ganz ähnliche Überreste finden sich auch in den schon besprochenen Thon- und Sandsteinschichten mit Olenellus Mickwitzi des russischen Kambriums; diese Bildung dürfte also mit dem schwedischen Eophytonsandstein gleichalterig und ebenfalls eine Küstenbildung



1) Nereites cambrensis (nach F. Römer); 2) Kriechspuren einer lebenden Purpura lapillus auf weichem Thonschlamm, zum Vergleich mit Nereites cambrensis (nach Etheridge und Nicholson). Vgl. Text, S. 37.

sein. So verschieden sich auch das Aussehen der englischen Ablagerungen aus derselben Epoche des Kambriums darstellt, so haben sie doch mit dem Eophytonsandstein Westgotlands und den entsprechenden Sandsteinbildungen Rußlands das eine gemeinsam, daß sie durchaus als litorale Ablagerungen anzusprechen sind. Ebenso bestimmt tritt dies bei den untersten kambrischen Bildungen in Norwegen hervor, die aus echten Grundkonglomeraten, den Sparagmiten der skandinavischen Geologen, zusammengesetzt sind.

An der oberen Grenze des Fukoidensandsteins gelangen wir in ein wichtiges Niveau: hier tritt die Trilobitengattung Olenellus (s. Abbildung, S. 39) auf, die für die unterkambrische Fauna in hohem Grade bezeichnend ist. Weiter aufwärts folgen dunkle, bituminöse Schiefer, die man früher zur Alaunbereitung verwendet und daher Alaunschiefer genannt hat. Sie enthalten zahlreiche Reste von Trilobiten und anderen Tieren in zwei Horizonten: der untere ist besonders durch die Gattung Paradoxides, der obere durch Olenus gekennzeichnet. Die obere Grenze des Kambriums endlich bildet wie in England und Rußland der Dictyonema-Schiefer.

War schon das Kambrium in Schweden paläontologisch reicher als in anderen Gegenden ausgestattet, so ist Nordamerika in noch höherem Grade begünstigt. In horizontaler Lagerung breitet sich die kambrische Formation über weite Strecken des Nordostens aus, das Urgebirge des Kanadischen Schildes überlagernd und umsäumend, sie bildet einen wichtigen Bestandteil des ganzen appalachischen Kettengebirges und fehlt auch nicht im Westen, an den Abhängen des

Digitized by Google

Felsengebirges, in den Staaten Nevada und Utah. Merkwürdigerweise tritt auch in Nordamerika im Unterkambrium eine durch die Trilobitengattung Olenellus charakterisierte Fauna auf; aber während Europa nur wenig Formen aus diesem Horizont liefert, hat Amerika unsere Kenntnis dieser ältesten Tierformen um mehr als 130 Arten bereichert. Im Westen liegt die Olenellus-Fauna zwischen dem Quarzit des Prospekt Peak und dem überlagernden Prospekt Mountain-Kalk; in diesem wird die Fauna der Paradoxides-Schichten nicht durch diese Trilobitengattung, sondern durch den charakteristischen kleinen Agnostus kenntlich. Hier gehören auch der nach oben sich anschließende Secret Cañon-Schiefer und der Hamburg-Kalk, eine ungefähr 1000 m mächtige Schichtmasse, noch zum Kambrium, denn erst in ihrem oberen Teile enthalten sie die Olenus-Fauna des Oberkambriums. Im Osten des nordamerikanischen Kontinents besteht das über 1000 m mächtige Unterkambrium, die Georgiagruppe, aus Sandsteinen, sandigen Mergelschiefern und Kalksteinen und führt ebenfalls die so reiche Olenellus-Fauna. Das Mittelkambrium, die St. John-Schichten oder Acadiagruppe, ist vorwiegend aus Schiefern und Sandsteinen zusammengesetzt. In das Oberkambrium gehören der Knox- und Coosaschiefer der Appalachen (vgl. Band I, S. 345), namentlich aber der Potsdam-Sandstein, ein rötlicher, an der Basis oft Konglomerat führender und bis zu nahe an 2000 m mächtiger Sandstein, der alle Anzeichen einer küstennahen Bildung: Wellenfurchen, Kriechspuren, Wurmgänge und Trocknungsrisse, erkennen läßt und zahlreiche Trilobiten der Olenus-Fauna, Armfüßer und verschiedene Schnecken einschließt. In einem großen Teil von Nordamerika war das oberkambrische Meer seicht; daß es auf einer weitgedehnten Küstenlinie im Vorschreiten begriffen war, bekundet das Übergreifen des Potsdam-Sandsteins auf viel ältere archäische Bildungen (s. Abb., S. 40). „Das Meer drang langsam über das Land vor und verteilte die Zertrümmerungsprodukte, die von ihm verarbeitet oder von seinen Zuflüssen ihm zugeführt wurden, als Sandbänke längs der Küste. Von Arizona nach Texas, nach Missouri, den Black Hills, dem östlichen Rande des Felsengebirges und längs der Nordgrenze in Minnesota, Wisconsin, Michigan, Kanada und den Adirondacks von New York ist das Bild dasselbe: Sandstein, der auf vorkambrischen Gesteinen lagert und wesentlich dieselbe Fauna einschließt. In einigen Gegenden nahm die Tiefe des Wassers rasch zu, und kalkige Sedimente häuften sich auf dem Sande an, wie in Arizona, Texas, den Black Hills und einigen Punkten längs des Ostfußes des Felsengebirges." (Charles D. Walcott.)

Olenellus Kjerulfi, von oben gesehen. Ein Teil des Kopfschildes ist entfernt, um die Oberlippe (Hypostom) der Unterseite zu zeigen. (Nach Holm.) Vgl. Text, S. 38 u. 42.

In Europa scheint diese große Transgression des Oberkambriums keine deutlichen Spuren hinterlassen zu haben, ja es machen sich sogar Anzeichen einer entgegengesetzten Bewegung geltend. So fehlt z. B. in Böhmen die Olenus-Fauna gänzlich. Konglomeratführende, nur Lingula enthaltende Sandsteine, eine Strandbildung, wie es scheint, und oolithische Eisensteine vertreten das Oberkambrium. Eine fossilreiche Ausbildung findet in Böhmen nur das Mittelkambrium, die

Digitized by Google

Paradoxides-Stufe, in Form von feinkörnigen Thonschiefern mit zahlreichen Trilobiten. Diese Schichten wurden von J. Barrande, der die ältesten Ablagerungen Böhmens der Reihe nach mit den Buchstaben des lateinischen Alphabets bezeichnete, als die Stufe C unterschieden. Die unterkambrische Olenellus-Fauna ist in Böhmen noch nicht nachgewiesen; die Basis des Kambriums bilden fast versteinerungsfreie Sandsteine und Konglomerate, die sogenannten Přibramer Grauwacken, die die berühmten Blei- und Silbererzgänge einschließen und unvermittelt auf den vorkambrischen Urthonschiefern und Phylliten aufruhen. Unter den Trilobiten der mittelkambrischen Paradoxidenfauna (s. Abbildung, S. 37), die man früher für die älteste und erste gehalten und

Transgression des Potsdam-Sandsteins über Granit: Granite Point, Südufer des Oberen Sees, Nordamerika. (Nach Irving.) Vgl. Text, S. 39.

daher Primordialfauna genannt hat, finden sich merkwürdigerweise zahlreiche erblindete Formen. Der Annahme aber, daß deshalb die böhmische Primordialfauna in tiefem Meere gelebt habe, sind folgende Beobachtungen nicht günstig. In der Přibramer Grauwacke wurden, wie in allen kambrischen Sandsteinen, ausgezeichnete Wellenmarken aufgefunden, und man erkannte an einzelnen Punkten die Wechsellagerung von Schiefern, die mittelkambrische Versteinerungen einschließen, mit groben Sandsteinen und Konglomeratbänken. Auch in der Přibramer Grauwacke sind an vielen Stellen mächtige Konglomeratbänke mit bis kopfgroßen Urgebirgsgeröllen eingeschaltet, die man den englischen Basalkonglomeraten an die Seite stellen kann. Es scheint also auch das böhmische Kambrium eine ufernahe Seichtwasserbildung zu sein.

Noch ärmer als in Böhmen sind die kambrischen Ablagerungen Deutschlands, wo fast versteinerungslose, mächtige Schiefermassen im Thüringer Walde und Fichtelgebirge hierher gehören. Einzig in Hof, am Nordende des Fichtelgebirges, tritt eine ziemlich reiche, aber wohl schon dem tiefsten Silur angehörige und dem englischen Tremadoc vergleichbare Grenzfauna auf.

Digitized by Google

Sonst kennt man Vorkommnisse kambrischer Bildungen in Europa auch aus Spanien, Sardinien, aus Südfrankreich und aus Polen. In China, Korea und den Amurländern, in Argentinien und Australien sind bisher vorwiegend die oberen Horizonte der Formation nachgewiesen.

*

Die besprochenen Beispiele der Entwickelung des Kambriums zeigen, daß wir in dieser Formation im allgemeinen drei Stufen zu unterscheiden vermögen, von denen jede durch eine besondere Fauna bezeichnet wird, die obere durch die Olenus-, die mittlere durch die Paradoxides-, die untere durch die Olenellus-Fauna. Die dritte erscheint meist nahe der oberen Grenze des Unterkambriums; nur im baltischen Gebiete tritt Olenellus Mickwitzi schon in tiefen Schichten auf. Vielleicht ist diese Gliederung auf die Gesamtheit der kambrischen Ablagerungen anwendbar. So wurde die Olenellus-Fauna auch in Schottland und in Shropshire, in Sardinien, ferner im indischen Salzgebirge, angeblich auch in Westaustralien nachgewiesen. Wir fügen eine Tabelle bei, die die Entwickelung der kambrischen Ablagerungen in verschiedenen Gegenden und deren Parallelstellung in ihren wichtigsten Hauptzügen wiedergibt.

	Wales	Schweden	Ostseegebiet	Nordamerika	Böhmen
Oberkambrium. Olenusstufe.	Dictyonemaschiefer im westl. England. Lingulaschiefer mit drei Unterstufen.	Dictyonemahorizont. Alaunschiefer, Olenusfauna.	Dictyonemaschiefer. Ungulitensandstein.	Potsdamsandstein (Knox-, Cooksaschiefer).	Diabaslager, Eisensteine, Grauwacke (Dd1α und Dd1β).
Mittelkambrium. Paradoxidesstufe.	Meneviangruppe, Paradoxidesfauna.	Alaunschiefer, Paradoxidesfauna.	Ungulitensandstein mit Obolus Apollinis.	St. Johnschichten Acadiangruppe.	Barrandes Stufe C, Ginetzer Schiefer, Primordialfauna mit Paradoxides.
Unterkambrium. Olenellusstufe.	Harlechgruppe. Lingulella ferruginea-, Longmynd- u. Caerfaischichten.	Fukoidensandsteine, Zone des Olenellus Kjerulfi. Eophytonsandstein mit Medusenresten und Kriechspuren.	Fukoidensandstein. Thone und Sandsteine mit Olenellus Mickwitzi, Medusenreste, Kriechspuren. Blauer Thon.	Georgiagruppe, Olenellusfauna.	Přibramer Grauwacke, Grundkonglomerat.

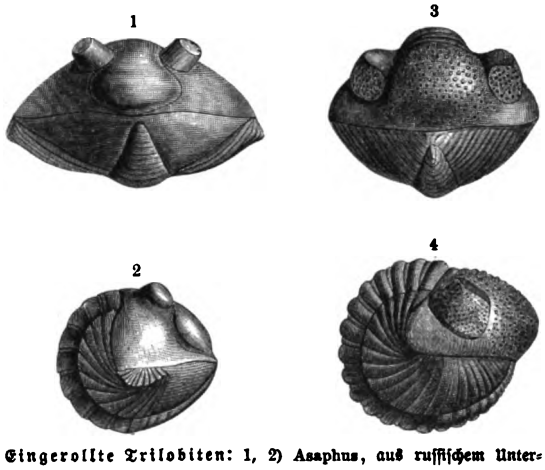
Die Fauna der kambrischen Formation.

Unter den organischen Resten des Kambriums nehmen die wichtigste Stelle die Trilobiten („Dreilapper") ein, eigentümliche krebsartige Tiere, die ganz auf die paläozoische Zeit beschränkt sind und in der jetzigen Schöpfung nur mit dem bekannten Limulus oder Molukkenkrebs einige Ähnlichkeit haben. Ihre Oberseite ist mit einem kräftigen Panzer bedeckt, den wir in der Regel allein fossil finden, während die Unterseite weich war und daher meist spurlos verloren gegangen ist. An dem Panzer unterscheidet man ein großes Kopfschild vorn und ein bald ebenso großes, bald weit kleineres Schwanzschild oder Pygidium hinten; beide bestehen aus je einem solchen

Digitized by Google

Stücke. Zwischen beiden liegen die frei gegeneinander beweglichen Stücke oder Segmente des Mittelleibes, die bei vielen Formen einen so hohen Grad von Verschiebbarkeit haben, daß sich das Tier wie eine der jetzt lebenden Kellerasseln zusammenrollen konnte (s. untenstehende Abbildung). Diese Fähigkeit, sich einzurollen, war offenbar ein mächtiges Schutzmittel; nahte sich ein räuberischer Feind, so klappten Kopf- und Schwanzschild zusammen, und ein fester Panzer umschloß nun die weichen Teile der Unterseite.

Die Zahl der beweglichen Mittelleibssegmente ist sehr verschieden; die geringste Zahl ist zwei, während sie bei anderen bis nahe an 30 steigen kann. Je größer die Zahl der Mittelleibsringe ist, desto kleiner ist gewöhnlich das Schwanzschild. Nicht bei allen, aber bei den meisten Trilobiten sind im Mittelteil des Kopfes einige Querfurchen vorhanden, die namentlich bei der Gattung Bohemilla sehr deutlich hervortreten und auffallende Ähnlichkeit mit den Abschnitten des Mittelleibes zeigen (s. Fig. 1 der Abbildung, S. 43, oben).



Eingerollte Trilobiten: 1, 2) Asaphus, aus russischem Untersilur; 3, 4) Phacops, aus dem rheinischen Devon.

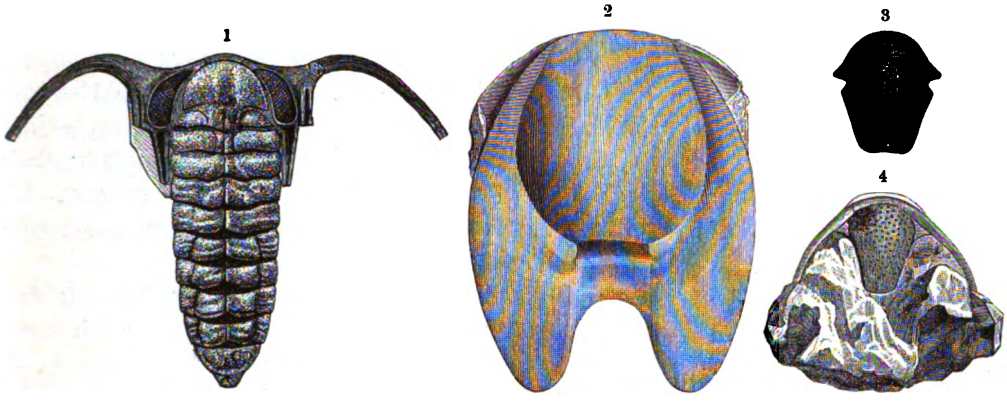
Gewöhnlich lassen sich über den ganzen Körper zwei Längsfurchen verfolgen, die ihn in einen Mittelteil und zwei Seitenteile zerlegen, und denen die Tiere den Namen Trilobiten verdanken. Am Kopfe wird die mittlere Partie als die Glabella, die seitlichen als die Wangen bezeichnet, und diese tragen die bei der Mehrzahl außerordentlich entwickelten Augen. Meist sind besondere Augensockel vorhanden, die von einer durch zahlreiche sphäroidische Linsen facettierten Sehfläche überzogen werden. Die Zahl der Augenfacetten ist sehr veränderlich; während die Augen einzelner Phacops-Arten nur 14 Linsen aufweisen, können bei anderen Gattungen ebenso viele Tausend vorhanden sein. Mit einer derartigen Vermehrung der Augenfacetten ist oft eine starke Ausbreitung der Sehfläche verbunden, es kann selbst vorkommen, daß sich die beiderseitigen Augen bis zum Zusammenstoß in der Mittellinie vergrößern, sogenannte kyklopische Augen (s. Abbildung, S. 43, unten). Bei anderen Formen stehen die Augen wie bei unseren Flußkrebsen, Hummern und Krabben auf hervorragenden Stielen. Endlich kommen auch gerade unter den kambrischen blinde oder, richtiger gesagt, erblindete Trilobiten vor, die ihre Sehorgane durch Verkümmerung eingebüßt haben.

Während die auf der Oberseite vorhandenen Merkmale des Panzers sehr leicht zu beobachten sind, ist von den Organen der weichen Bauchseite fast nie etwas zu sehen; nur ein ganz vorn an der Schnauze auf der Unterseite gelegenes horniges Stück, das Hypostom, das der Oberlippe anderer Krebstiere entspricht, kann oft beobachtet werden (s. Abbildungen, S. 39 u. 43, Fig. 2—4, oben). Dagegen ist die Untersuchung der anderen Teile, namentlich der Füße, äußerst schwierig, was um so mehr zu bedauern ist, weil gerade die Gliedmaßen bei der Untersuchung der Krebstiere die wichtigsten Anhaltspunkte bieten.

Allerdings hatten einzelne glückliche Funde gezeigt, daß feste Beine vorhanden waren, wie das namentlich aus einem von Billings beschriebenen Stücke hervorgeht. Aber erst durch die planmäßigen Untersuchungen des amerikanischen Paläontologen Ch. Walcott hat man etwas Näheres hierüber erfahren. Dieser vermutete, daß bei den Trilobiten, die man zusammengerollt

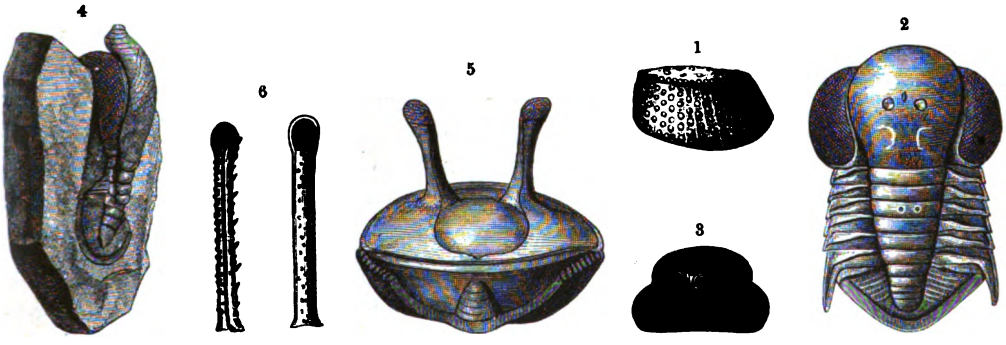
Digitized by Google

findet, die Beine nicht verloren sein können. Er untersuchte daher eine große Anzahl solcher Exemplare in der Weise, daß er jedes in eine möglichst große Zahl dünner Lamellen zerschnitt. Indes ließ unter dem ganzen Material nur ein einziges Stück deutliche Spuren der gesuchten Teile erkennen. Es lag nun die Vermutung nahe, daß an seinem Fundorte noch mehr zu holen sei. Allein hier stellten sich neue Schwierigkeiten ein: die guten Exemplare lagen nur in einer



1) Bohemilla stupenda, aus böhmischem Unterſilur; 2, 3) iſolierte Hypoſtome böhmiſcher Trilobiten; 4) Kopf eines Trilobiten, von der Unterſeite, mit anhaftendem Hypoſtom. (Nach Barrande.) Vgl. Text, S. 42.

dünnen Kalkbank, die nicht hinreichend aufgeschlossen war, und es mußte ein förmlicher Steinbruch eröffnet, Erde und festes Gestein in einer Mächtigkeit von 3 m auf eine größere Strecke abgeräumt werden, um die gesuchte Schicht in großem Maßstab ausbeuten zu können; nach



Die Augen der Trilobiten: 1) Auge von Phacops latifrons aus rheiniſchem Devon, vergrößert; 2) Aeglina aus böhmiſchem Silur mit rieſig entwickelten Augen, von oben geſehen; 3) Kopf von Aeglina von unten, die beiden Augen vereinigen ſich in der Mitte; 4) Aeglina im Profil (1—4, nach Barrande); 5) Asaphus Kovalevskyi mit geſtielten Augen, aus ruſſiſchem Unterſilur (nach Salter); 6) Augenſtiele von Acidaspis mit den Augen an der Spitze, aus böhmiſchem Oberſilur, vergrößert (nach Barrande). Vgl. Text, S. 42.

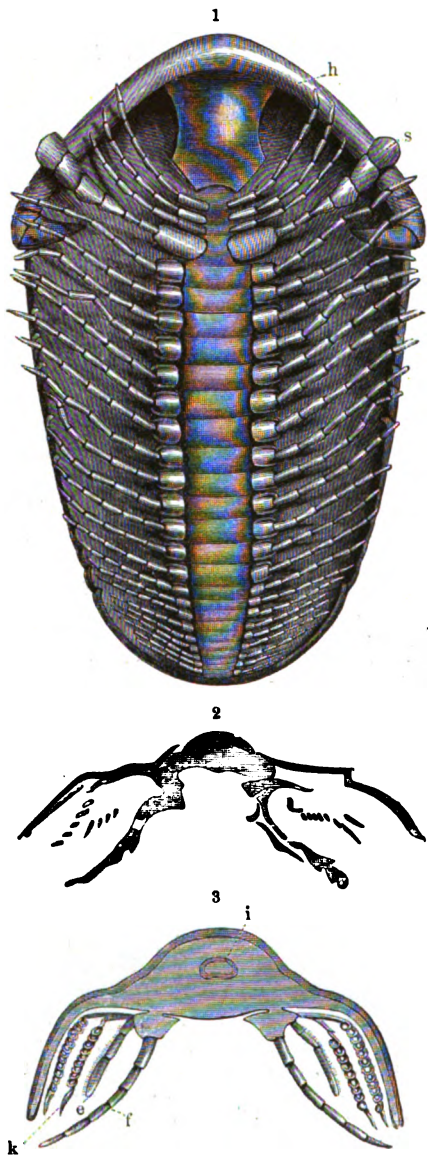
längerer Arbeit gewann man 3500 eingerollte Exemplare, zwei verschiedenen Arten angehörig, von denen 270 ein günstiges Resultat lieferten.

Jedes Segment war mit einem gegliederten Beinpaar, mit einem gegliederten Anhang, dem Epipoditen, und mit Kiemenbüscheln ausgestattet. Die Hüftteile der vier Beinpaare des Kopfes scheinen wie bei den lebenden Molukkenkrebsen als Kauorgane gedient zu haben; das vierte Beinpaar wurde als großer Schwimmfuß gedeutet (s. Abbildung, S. 44).

Glückliche Funde aus derselben Silurstufe, und nicht weit von dem Fundorte der oben beschriebenen Stücke herstammend, haben unsere Anschauungen über die Organisation der Trilobiten

Digitized by Google

wesentlich gefördert. Die wichtigste Thatsache ist, daß die Trilobiten mit Fühlern versehen waren (s. Abb., S. 46, unten). Die Gliedpaare des Kopfes hatten eine breite, als Kauorgan zu deutende Hüftplatte; ihre Zahl ist nicht sicher bestimmbar. Die Anhänge des Mittelleibes bestehen aus inneren und äußeren Ästen, den Endo- und Exopoditen. Jene laufen in schlanke, feine Glieder aus, während nach innen (proximal) breite Platten entwickelt sind, die vermutlich den Vorstoß beim Schwimmen besorgten. An den Exopoditen waren blätterige Kiemen befestigt. Bei Calymene besteht der Exopodit aus den Kiemen und dem Epipoditen; dasselbe ist auch bei Triarthrus der Fall, nur sind hier diese Anhänge vereinigt, dort voneinander getrennt. Die Anhänge des Schwanzschildes weisen eine vereinfachte Gestaltung auf.



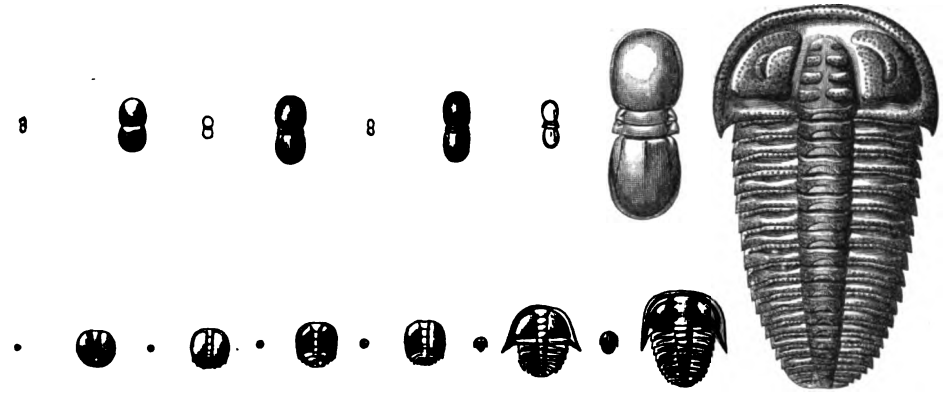
Calymene senaria, aus amerikanischem Untersilur. 1) Die Unterseite ergänzt: h) Hypostom, s) Schwimmfuß (Epipoditen und Kiemen sind der Übersichtlichkeit wegen weggelassen), 2) ein Querschnitt, wie er sich in Wirklichkeit darstellt, 3) ergänzter Querschnitt: i) Darm, f) Fuß, e) Epipodit, k) Kiemen. (Nach Walcott.) Vgl. Text, S. 43.

Von Bedeutung ist auch die embryonale Entwickelung, die man bei mehreren Formen mit großer Genauigkeit verfolgen konnte (s. Abbildung, S. 45 und S. 46, oben). Die kleinsten beobachteten Exemplare zeigen sich dem freien Auge als kaum erkennbare Pünktchen. Unter dem Vergrößerungsglas erkennt man, daß sie fast nur aus dem unvollständig ausgebildeten Kopfschild bestehen, an dessen Hinterende das Schwanzschild schwach angedeutet ist. Bei Acidaspis tuberculatus zeigen leichte Einkerbungen das Vorhandensein von fünf Kopfsegmenten an; ferner sind die Augenhöcker und den Fühlern entsprechende Vorragungen angedeutet. Das sechste, steil abfallende Segment der Larvenform gehört dem Schwanzschild an. Weiter tritt zunächst das Schwanzschild schärfer hervor; von dessen Vorderrand aus werden dann neue Rumpfsegmente abgegliedert. Anfangs ist die Zahl der Mittelleibsringe gering, bis durch die fortschreitende Abschnürung neuer Segmente die normale Zahl erreicht wird. Nur in dem kleinen Agnostus der mittelkambrischen Ablagerungen liegt eine einzige Form vor, die mit ihren zwei Mittelleibsringen über das primitive Entwickelungsstadium niemals hinausgekommen ist. Einzelne Arten sollen schon in frühester Jugend Kopf- und Schwanzschild wohl getrennt, ja selbst schon den Mittelleib angedeutet zeigen; wahrscheinlich geht aber auch diesen Formen ein dem beschriebenen ähnliches Larvenstadium voraus, in dem vorwiegend der Kopfteil entwickelt ist. In der gegenwärtigen Schöpfung bietet die sogenannte Nauplius-Larve gewisser Krebstiere einige Vergleichspunkte mit den Embryonalformen der Trilobiten; freilich ist sie im Gegensatz zur Jugendform der Trilobiten ungegliedert und schalenlos.

Digitized by Google

Die Trilobiten besaßen eine hochgradige Entwickelungsfähigkeit. Von einer Schichtgruppe zur anderen sehen wir neue Arten auftauchen; sie gewähren daher wichtige Anhaltspunkte für die geologische Gliederung der ganzen Formation. Wohl ändern sich die Arten auch mit der räumlichen Entfernung; aber trotzdem bleibt der Zusammenhang der geologisch gleichalterigen Faunen klar erkennbar. Von den zahlreichen Gattungen des echten Kambriums reichen nur auffallend wenige in das Untersilur hinauf.

Keine andere Tierklasse kann sich in den kambrischen Ablagerungen auch nur entfernt mit den Trilobiten messen. Nächst ihnen sind die Armfüßer oder Brachiopoden am stärksten entwickelt, Tiere, die den Muscheln ähnliche zweiklappige Schalen tragen und früher wirklich zu den Weichtieren oder Mollusken gestellt wurden. Da sie aber nach ihrem inneren Bau sehr stark von den Mollusken abweichen, hat man sie im zoologischen System in die Nähe der Mooskorallen (Bryozoën) und Würmer gebracht, obwohl in Wirklichkeit die Verwandtschaftsbeziehungen der Brachiopoden noch völlig dunkel sind. Die beiden Schalen können bald auf- und zugeklappt



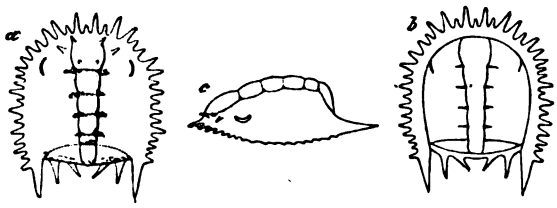
Agnostus (oben) und Sao hirsuta (unten) aus kambrischen Ablagerungen Böhmens, in ihrer individuellen Entwickelung. Alle Exemplare, mit Ausnahme des großen Stückes von Sao (rechts), sind vergrößert; die natürliche Größe ist links daneben gezeichnet. (Nach Barrande.) Vgl. Text, S. 44.

werden, da sie mit Hilfe von Zähnen, die ineinander greifen, an einem Rande verankert sind; bald ist eine solche „Schloßverbindung" nicht vorhanden, und die beiden Klappen können nur mit Hilfe von Muskeln gegeneinander verschoben werden. Auch in der Zusammensetzung der Schalen kommen ziemlich bedeutende Abweichungen vor, indem sie entweder aus abwechselnden Lagen von einer hornartigen, glänzenden organischen Substanz und von phosphorsaurem Kalk besteht (s. Abb., S. 47, oben), oder rein kalkig ist; dann ist ihre Struktur sehr eigentümlich und besteht in der Regel aus schräg zur Oberfläche stehenden Kalkfasern, zwischen denen sich bei gewissen Abteilungen hier feine, dort ziemlich grobe Poren befinden (s. Abb., S. 47, unten, Fig. 1—3).

Unter den Weichteilen des Tieres sind am auffallendsten die spiral aufgerollten oder eigentümlich gekrümmten Mundanhänge oder Arme, die mit dicht stehenden, von zahlreichen Gefäßen durchzogenen Fransen oder Cirrhen besetzt sind und den größten Teil des inneren Raumes der Schale ausfüllen (s. Abbildung, S. 48, unten, Fig. 1). Bei vielen Formen sind im Inneren, und zwar stets der kleineren Schale angeheftet, eigentümliche Stützvorrichtungen für diese Arme vorhanden, die zu den wichtigsten Merkmalen der einzelnen Abteilungen gerechnet werden; bei der Familie der Rhynchonelliden sind es zwei nach aufwärts gekrümmte Kalkleisten, bei den Terebratuliden besteht das Gerüst aus einem äußerst zarten Kalkband, das eine oft sehr große, frei ins Innere der Schale vorspringende Leiste bildet, während bei den Spiriferiden ein ähnliches zartes Kalkband zu zwei Spiralkegeln aufgerollt ist (s. Abbildung, S. 48, oben, Fig. 1—3).

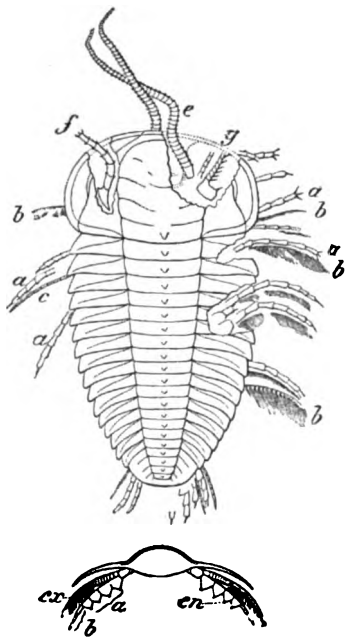
Digitized by Google

Die jungen, eben dem Ei entschlüpften Larven der Brachiopoden schwimmen frei umher, während sie im Alter meistens angeheftet sind und zwar entweder dadurch, daß sie mit einer der Schalen an einen festen Körper festwachsen, oder indem sie sich mit Hilfe eines meist kurzen Muskelstieles festhängen, der zwischen beiden Klappen oder durch ein Loch in einer davon hervortritt (s. Abbildung, S. 48, unten, Fig. 2. und 3).



Trilobiten-Larven: Acidaspis tuberculatus, a) Oberseite, b) Unterseite, c) Seitenansicht. Aus der Lower Helderberggruppe. (Nach C. Beecher.) Stark vergrößert. Vgl. Text, S. 44.

Die Brachiopoden stellen einen uralten Stamm dar, dem die älteste überhaupt sicher bekannte Versteinerung, die oben genannte Lingulella ferruginea, angehört, und der schon in der kambrischen Formation in ziemlicher Mannigfaltigkeit hervortritt. Großenteils sind die Gattungen ausgestorben; aber zwei, Lingula und Discina, gehören zu jenen höchst merkwürdigen Sippen, die sich mit verhältnismäßig wenigen Änderungen von jenen uralten Zeiten bis heute erhalten haben. Ja, man darf getrost behaupten, daß diese beiden Gattungen vielleicht im ganzen Bereich der Tierwelt die größte Formbeständigkeit zeigen, indem sich nicht nur die Gattungen erhalten haben, sondern selbst die Arten in einzelnen Fällen so ungemein ähnlich geblieben sind, daß man auf den ersten Blick kaum einen Unterschied zwischen Vertretern aus altpaläozoischen Schichten und solchen aus den heutigen Meeren bemerkt (s. Abbildungen, S. 48, unten, Fig. 3, und S. 49, oben, Fig. 1—3).



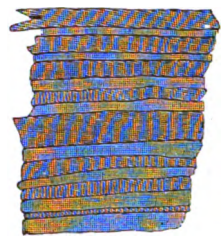
Triarthrus Becki, aus dem Silur von Rome, New York: a) Endopobiten, b) Kiemen, c) Exopodit, Träger der Kiemen, d) Anhänge des Pygidiums, e) Antennen, f und g) Anhänge des Kopfes, g mit breiter Kauplatte; in der unteren Abbildung (fünftes Mittelleibsegment vor dem Schwanze) bedeutet ex) Exopodit, en) Endopodit, a) Innere Platten des Endopobiten, b) Äußere Glieder des Endopobiten. (Nach Charles Walcott.) Vgl. Text, S. 43 u. 44.

Den hervorstechendsten Zug in der kambrischen Brachiopodenbevölkerung bildet das starke Vorwiegen der hornschaligen Formen über die kalkigen, ein Verhältnis, das in keiner anderen Formation wiederkehrt, insofern als sonst die hornigen Arten nur einen sehr bescheidenen Bruchteil der gesamten Brachiopodenfauna ausmachen. Dieser überaus merkwürdige Charakterzug ist übrigens nicht nur den Armfüßern eigen, sondern es gehört die Armut an kalkabsondernden Organismen schlechthin zu den bezeichnendsten Eigentümlichkeiten der kambrischen Vorkommnisse.

Außer den Trilobiten und Brachiopoden sind alle anderen Abteilungen des Tierreiches sehr schwach vertreten; vereinzelte, nicht zu den Trilobiten gehörende Krustaceen (Phyllocariden, Ostracoden), wenige Repräsentanten der Kopffüßer, Schnecken, Muscheln (s. Abbildung, S. 49, unten), der eigentümlichen hornschaligen Conulariden, ebenfalls mit hornigen Skelettteilen versehene Graptolithen, einige Arten Stachelhäuter aus den Gruppen der Cystideen, Crinoideen und Seesterne, wenige, aber verschiedenen Gruppen angehörige Schwämme, Medusen und dürftig bekannte Radiolarien vervollständigen die Fauna. Allerdings haben,

Digitized by Google

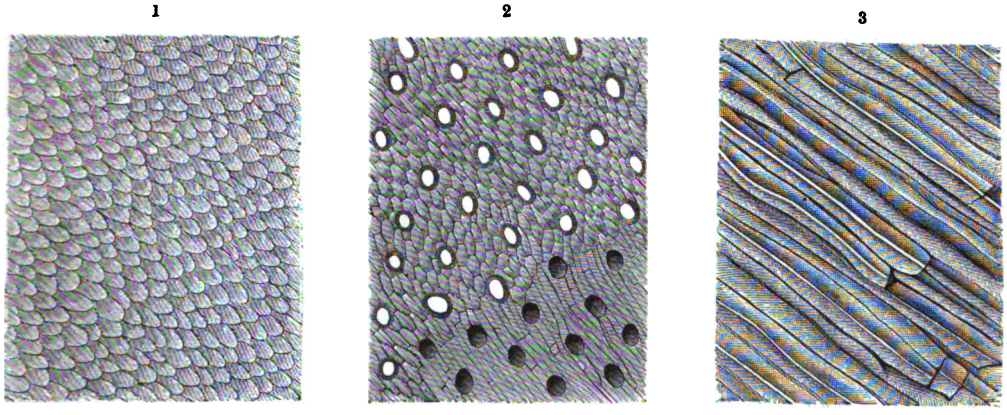
wie wir bereits gesehen haben, außerdem noch andere Organismen Spuren hinterlassen; aber noch können sie durchaus nicht mit voller Sicherheit bestimmt werden. Ein auffallender, allerdings negativer Charakterzug der kambrischen Fauna besteht in dem Fehlen der Korallen und Foraminiferen. Offenbar haben diese Formen auch schon in jenen uralten Zeiten gelebt, sie mögen aber zum Teil unseren bisherigen Forschungen entgangen sein, zum Teil war die Facies der vorwiegend thonig-sandigen Ablagerungen des Kambriums ihrem Gedeihen nicht günstig. Zwar kennt man in Schottland und namentlich im westlichen Teil von Nordamerika auch Kalkstein in dieser Formation, aber meist von dolomitischer Natur; und solche Gesteine sind, auch wenn sie in jüngeren Formationen vorkommen, sehr arm an organischen Resten.



Schnitt durch eine hornige Schale von Lingula mit abwechselnden Lagen von Hornsubstanz und phosphorsaurem Kalk. Stark vergrößert. (Nach Davidson.) Vgl. Text, S. 45.

*

Wenn wir die Gesamtheit der kambrischen Tierwelt ins Auge fassen, so tritt als bemerkenswerteste Thatsache hervor, daß schon in dieser ältesten Fauna fast sämtliche große Abteilungen der Tierwelt nicht nur vertreten, sondern schon in mehrere gesonderte Gruppen geschieden waren. Es fehlt im Kambrium nur der Stamm der Wirbeltiere, der nach dem jetzigen Wissen erst im tiefsten Untersilur, und zwar mit der niedrigst



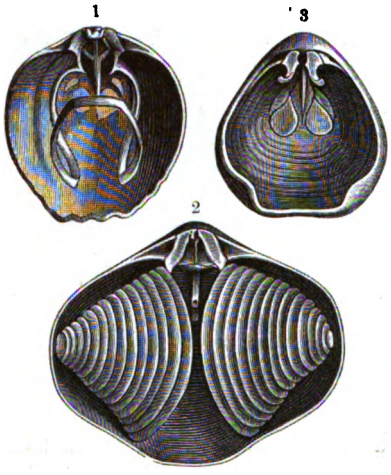
Kalkschalen von Brachiopoden, in starker Vergrößerung: 1) Oberfläche einer einfach faserigen Schale; 2) Oberfläche einer porösen Schale; 3) senkrechter Schnitt durch eine Faserschale. (Nach Davidson.) Vgl. Text, S. 45.

organisierten Gruppe, den Fischen, auftritt; doch müssen wir auch die Entdeckung von Fischen im Kambrium gewärtigen. Gewiß entspricht eine Tierwelt von verhältnismäßig hoher Entwickelung und so durchgreifender Differenzierung nicht den Vorstellungen, die man vom Standpunkt der Entwickelungslehre mit der Urfauna verbindet; aber bei näherer Überlegung erscheinen diese Verhältnisse in anderem Lichte. Verglichen mit Tierformen der jüngeren Formationen, muß die kambrische Fauna als tiefstehend betrachtet werden. Die einzelnen Hauptstämme sind noch durch niedrig organisierte und mit primitiven Merkmalen ausgestattete Formen vertreten, die in den folgenden Formationen eine aufsteigende Entwickelung erkennen lassen: eine der wichtigsten Bestätigungen der Abstammungslehre.

Wir haben ferner gesehen, daß Spuren von Tierresten in vorkambrischen Schichten zum Vorschein kommen, und schon während der ungeheuer langen archäischen Periode organisches

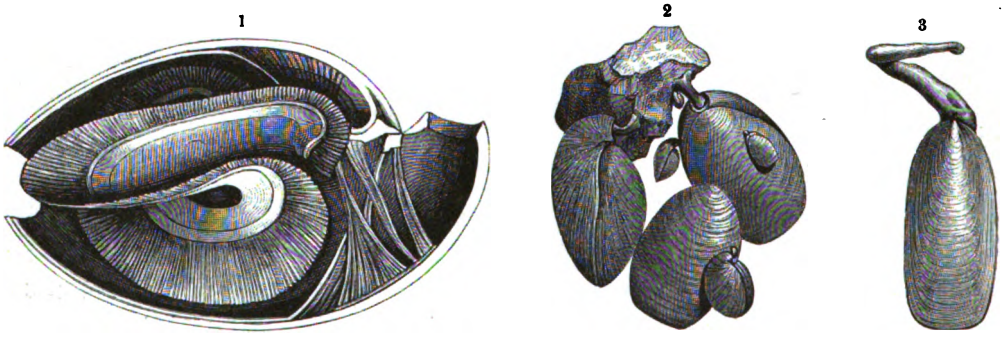
Digitized by Google

Leben bestanden haben muß. Die Beschaffenheit der kambrischen Fauna liefert dafür einen weiteren Beweis. In der heutigen Schöpfung kennen wir blinde Tiere nur als Nachkommen augentragender Vorfahren, die das Sehvermögen durch Rückbildung allmählich verloren haben. Auch bei den geblendeten Trilobiten der kambrischen Formation ist Verkümmerung eingetreten, und da in jener Vorzeit kaum andere Gesetze geherrscht haben können als heute, so haben auch die blinden Trilobiten des Kambriums sehende Vorgänger zur Voraussetzung. Leider fehlt jede Tradition von der überaus langen Entwickelungsreihe in vorkambrischer Zeit. Das Auftauchen der wahren Urfauna müssen wir also in viel, viel frühere Zeit zurückversetzen, aber auch auf die Möglichkeit verzichten, die ersten Stadien der Entwickelungsreihen auf dem Wege der unmittelbaren Beobachtung verfolgen zu können.



Brachiopodenschalen von innen, mit den Armgerüsten: 1) Rhynchonella mit einfachen Stützen; 2) Waldheimia mit großer Schleife; 3) Spirigera mit Spiralkegeln. Vgl. Text, S. 45.

Die Verkümmerung der Augen ist bei kambrischen Trilobiten so häufig, daß man die Frage nach der Ursache dieser Erscheinung nicht umgehen kann. In der Jetztwelt zeigen die Krebse der Tiefsee ein ähnliches Verhalten wie die kambrischen Trilobiten; sie haben bald abnorm vergrößerte, bald gänzlich zurückgebildete Augen, je nachdem sie dem Verlust an Licht in den Tiefen der Ozeane durch Vergrößerung der Sehfläche zu begegnen im stande waren oder nicht (s. Abbildung, S. 50). Früher nahm man an, daß auch die kambrischen Trilobiten, speziell in Böhmen, in abyssischen Regionen gelebt haben müßten, besonders

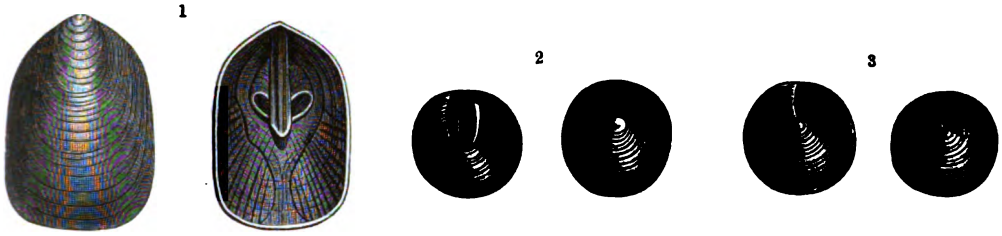


1) Schale einer Waldheimia, aufgeschnitten, mit den Weichteilen im Inneren, in schwacher Vergrößerung. Die mit Fransen besetzten Mundanhänge oder Arme und der Muskelapparat, der die Schalen öffnet und schließt, sind sichtbar (nach R. Owen); 2) lebende Exemplare von Terebratula, mit Hilfe ihrer Muskelstiele angeheftet (nach Davidson); 3) lebende Lingula mit dem Muskelstiele. Vgl. Text, S. 45 und 46.

da auch die Seltenheit kalkschaliger Formen und die gesamte, auf Verarmung hinweisende Zusammensetzung der kambrischen Fauna dafür zu sprechen schienen. Doch sind die Grundlagen dieser Beweisführung einigermaßen erschüttert. Aus Schichten, deren küstennahe Bildung durch Kriechspuren, Medusenreste, Wurmröhren zweifellos sichergestellt ist, kamen zahlreiche Exemplare des blinden Olenellus zum Vorschein; also konnten blinde Trilobiten auch am Meeresstrand leben. Trilobiten mit Cyklopenaugen, die wir im Vorhergehenden kennen gelernt haben (s. Abb., S. 43, unten, Fig. 2—4), treten erst im Untersilur und zwar in Begleitung von Arten auf, die keinen abyssischen Charakter haben. Die Verarmung der kambrischen Fauna kann auch durch die thonige

Digitized by Google

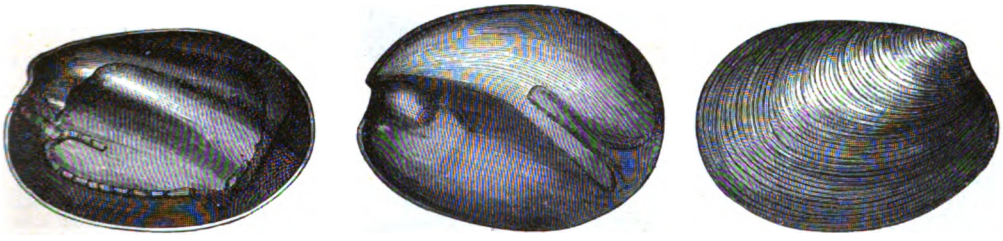
oder grobklastische Beschaffenheit des Sediments verursacht worden sein; denn Schichten dieser Art enthalten auch in anderen Formationen eine meist nur dürftige und sehr ungleichartige Vertretung der jeweils vorhandenen Gesamtfaunen. Wo im Kambrium mehr kalkige Absätze erfolgten, werden auch kalkschalige Formen und eine reichere Fauna nicht vermißt. Wenn wir die lokalen Verhältnisse des böhmischen Kambriums, das Vorkommen mächtiger Grundkonglomerate, die zweifellosen Wellenfurchen der Přibramer Grauwacke, endlich die Wechsellagerung der mittelkambrischen Schiefer mit Konglomeratbänken berücksichtigen, liegt es nahe, die erblindeten Trilobiten als im Schlamme wühlende Tiere zu betrachten. So erklärt sich auch eine andere Eigentümlichkeit kambrischer Trilobiten: das Fehlen der Einrollungsfähigkeit. Für Tiere, die ihr Leben



1) Lingula Lewisi, aus englischem Silur; Discina: 2) aus dem englischen Silur, 3) lebende Art. (Nach Davidson.) Vgl. Text, S. 46.

im Schlamme wühlend zubringen, ist das Schutzmittel der Einrollung überflüssig. Die weite Verbreitung mancher Trilobiten aber läßt sich mit E. Koken so erklären, daß sie im Larvenstadium erfolgte, da ja Krustaceenlarven erfahrungsgemäß durch Meeresströmungen weithin verteilt werden.

Demnach sind die kambrischen Ablagerungen auch in Böhmen größtenteils als ufernahe Bildungen zu betrachten, wie wir es auch von vielen anderen kambrischen Absätzen als wahr-

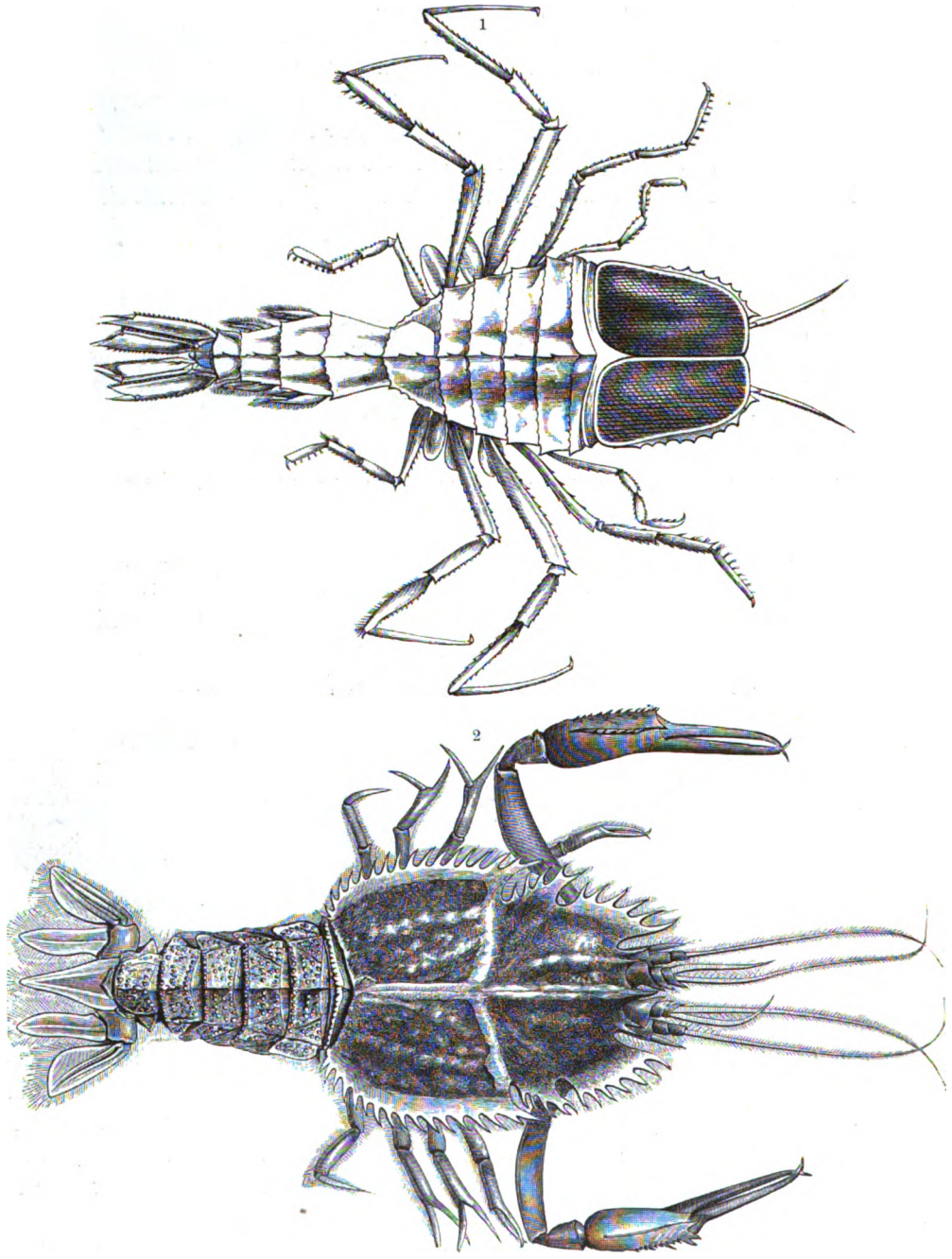


Fordilla Troyana, aus oberkambrischen Schichten von Nordamerika. (Nach Barrande.) Vgl. Text, S. 46.

scheinlich oder erwiesen bezeichnen konnten. Man hat vordem aus dem Fehlen von Binnenablagerungen und von eingeschwemmten Landpflanzen in den marinen Schichten schließen wollen, daß damals überhaupt noch keine Festländer, ja nicht einmal kleine Inseln existiert haben und der ganze Erdball von einer zusammenhängenden Wasserhülle bedeckt war; aber schon die Natur der kambrischen Felsarten, der Sandsteine, Konglomerate und Thonschiefer, beweist mit unwiderleglicher Schärfe die Existenz ausgedehnter Landmassen in jener Zeit. Wenn wir nun die Umrisse der kambrischen Kontinente und die physisch-geographischen Verhältnisse unserer Erde in jener Zeit feststellen wollten, so wäre dies verfrüht; unsere Kenntnis des Kambriums ist hierzu noch zu lückenhaft. Trotzdem treten gewisse Grundzüge in der Verteilung des Festen und Flüssigen hervor. Wir haben im vorhergehenden (Band I, S. 415) die Gründe kennen gelernt, die für die ehemalige Existenz eines nordatlantischen Kontinents „Atlantis" sprechen. Hier können wir auf Verhältnisse hinweisen, die den Bestand der Atlantis schon in kambrischer Zeit wahrscheinlich machen. Das untere und mittlere Kambrium zeigt an den atlantischen Rändern Europas

Digitized by Google

und Amerikas eine auffallende Übereinstimmung. In der ganzen, dem Streichen der Appalachen folgenden Zone und am Rande des kanadischen Schildes bis nach Neufundland hin kommt dies



1) Cystosoma Neptuni, ein Tiefseekrebs mit riesig entwickelten Augen; 2) Willemoesia crucifera, ein blinder Tiefseekrebs. (Nach Wyville Thomson.) Vgl. Text, S. 48.

nicht nur durch das Vorhandensein des europäischen Olenellus- und Paradoxides-Horizontes, sondern auch im Vorkommen völlig mit schwedischen und englischen identischer oder davon wenig

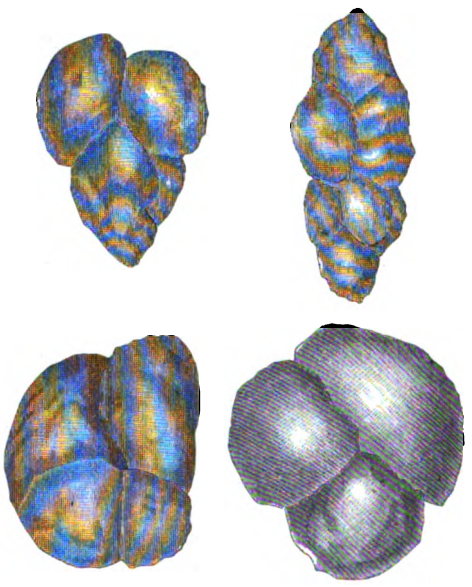
Digitized by Google

abweichender Arten zum Ausdruck. Mochten auch manche von diesen im Larvenstadium passiv verschleppt worden sein, so sind doch auch solche Formen gemeinsam, die nur durch allmähliche Ausbreitung entlang einer Küste eine so große Verbreitung erlangt haben konnten, wie der merkwürdige Archaeoscyphia (Archaeocyathus) genannte Kieselschwamm, der aus Nordamerika, aus Spanien und Sardinien bekannt ist.

In Europa reichen die kambrischen Ablagerungen von Süden her bis an den Gneis der Hebriden und Lofoten, den ältesten Teil Europas und daher wohl den Randteil der Atlantis (vgl. Band I, S. 368). In Nordamerika macht sich ein ziemlich beträchtlicher Unterschied zwischen den kambrischen Ablagerungen des Ostens und des Westens geltend. Man darf wohl annehmen, daß in dieser Zeit in der Mitte der Vereinigten Staaten, die von mittel- und unterkambrischen Ablagerungen frei ist, ein ausgedehntes Festland bestanden habe.

Die Fauna der Silurformation.

Als die Römer das heutige Wales zu unterwerfen suchten, stellte sich ihnen der keltische Volksstamm der Silurer unter seinem Führer Caradoc oder Caratacus zu mutigem und zähem Widerstande entgegen. Diesen Ureinwohnern zu Ehren nannte Murchison den zweiten der großen paläozoischen Abschnitte, der gerade in dem alten Stammsitze dieser Völkerschaft ausgezeichnet entwickelt ist, Silurformation, während eine Abteilung davon dem alten Heerkönige gewidmet ward und nun als Caradocstufe in der geologischen Nomenklatur figuriert. Die englische Entwickelung des Silur gilt als der normale Typus für die Ausbildung der Formation, da diese dort zuerst eingehend untersucht wurde; und wegen des Reichtums ihrer Detailgliederung und der Fossile in dieser Region ist auch die Wahl recht passend.



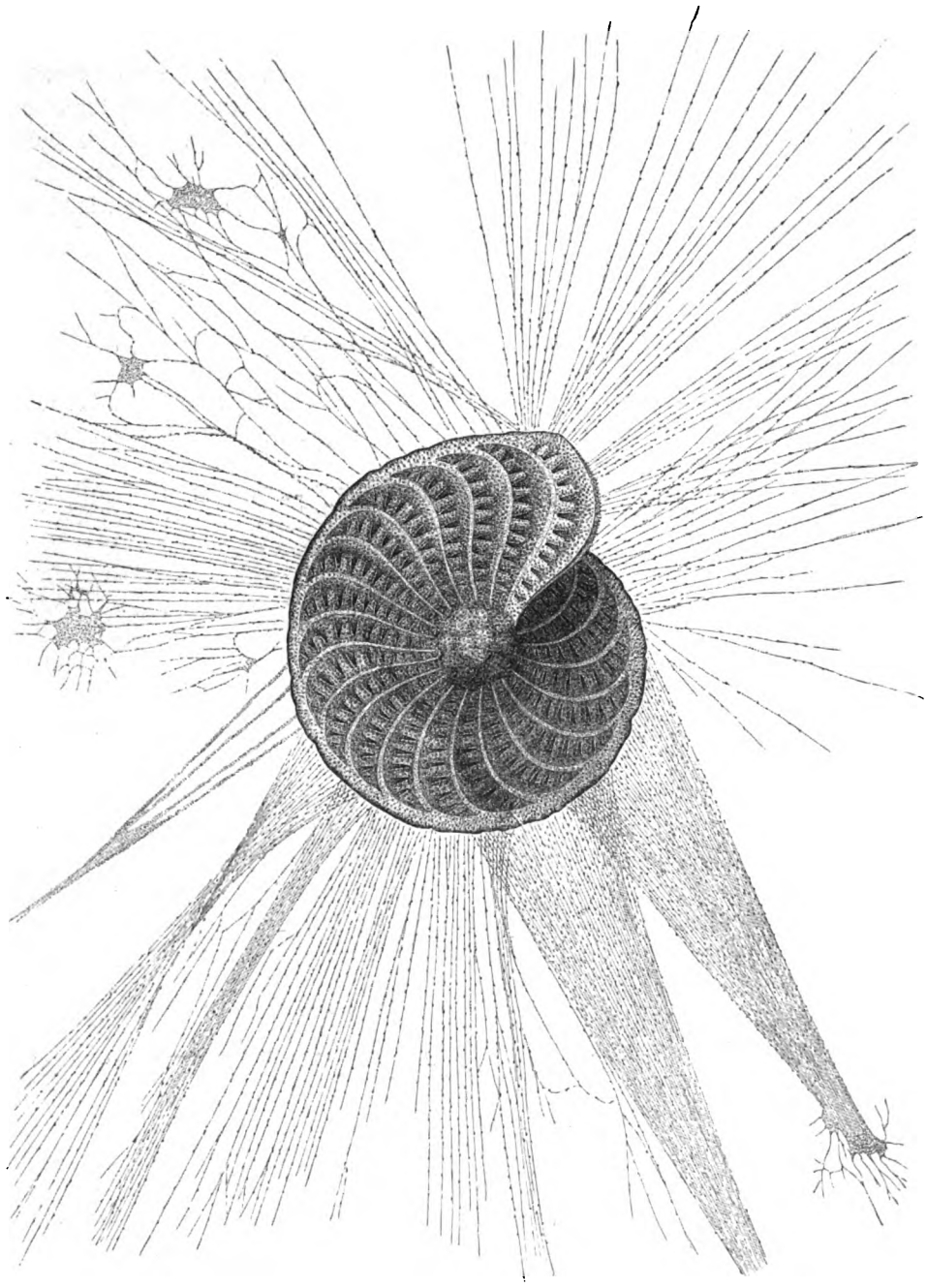
Foraminiferensteinkerne, aus dem Petersburger Glaukonitsand; stark vergrößert. (Nach Ehrenberg.) Vgl. Text, S. 52.

War in den kambrischen Ablagerungen die Zahl und Mannigfaltigkeit der Fossilarten sehr gering, so stellt sich im Silur ein überaus reiches Leben niederer Meerestiere ein, so üppig, so verschiedengestaltig und typenreich, daß es in keiner späteren Periode übertroffen wird. Es sind nun schon weit über 10,000 Arten aus allen der Erhaltung überhaupt fähigen Klassen und den meisten Ordnungen wirbelloser Meerestiere gefunden worden, die zum Teil von den jetzt lebenden Geschöpfen weit abweichen. Daneben aber können wir das Auftreten von Korallenriffen, ähnlich jenen unserer heutigen Meere, erkennen und manches andere, was den jetzigen Verhältnissen schon näher steht.

Von Urtieren oder Protozoen sind die Gehäuse der Foraminiferen außerordentlich wenig bekannt; nur eine einzige Schicht, die in der Umgebung von Petersburg im untersten Silur auftretenden Glaukonitsande, enthalten, stellenweise in sehr großer Menge, Steinkerne von Foraminiferen; ja, die Glaukonitkörner selbst scheinen nach den Untersuchungen von Ehrenberg großen-

Digitized by Google

teils solche Steinkerne zu sein (s. Abbildung, S. 51). Abgesehen von diesen Glaukonitsanden sind nur ganz vereinzelte Vorkommnisse, namentlich aus England zu erwähnen; dasselbe wieder-



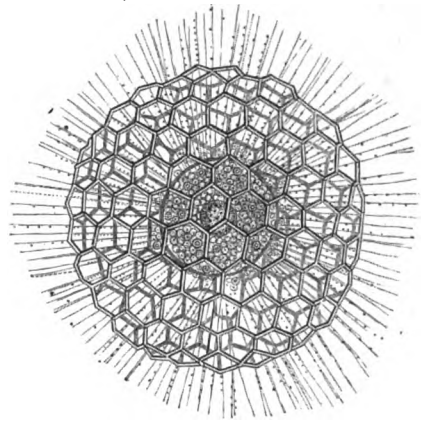
Lebende Foraminifere (Polystomella strigillata). 200mal vergrößert. Vgl. Text, S. 53.

holt sich auch in der auf das Silur folgenden devonischen Formation. Gewiß waren diese kleinen Schälchen damals nicht weniger verbreitet als später und in der Gegenwart; warum uns trotzdem

Digitized by Google

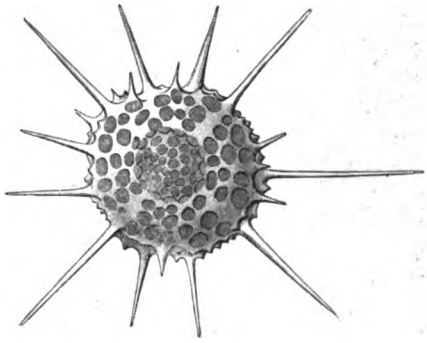
nur so wenig davon bekannt ist, hat seinen Grund wohl hauptsächlich in der ungünstigen Facies der betreffenden Ablagerungen; feste Thonschiefer, Quarzite, Grauwacken, selbst kompakte Kalksteine sind für die Aufbewahrung der Foraminiferen wenig geeignet.

Neben den spärlichen Resten der Foraminiferen stellen sich noch Stellvertreter einer zweiten, etwas höher organisierten Abteilung der Urtiere ein; es sind die sogenannten Radiolarien, überaus kleine, frei im Meere schwimmende Tierchen, die in der Jetztwelt stellenweise in ganz ungeheurer Menge vorkommen und in gewissen Regionen mit ihren Überresten den Boden der großen Meerestiefen vollständig bedecken (vgl. Bd. I, S. 633).



Lebende Radiolarie. Stark vergrößert. (Nach Bütschli.)

Bei den Foraminiferen stand der Körperbau noch auf niederster Stufe, man kann von einzelnen Körperteilen, von Organen, gar nicht sprechen, indem der ganze Leib des Tieres eine gleichmäßige schleimige Masse bildet. Jeder Teil kann zu jeder Lebensfunktion dienen, einzelne Teile des Körpers werden als fadenförmige Fortsätze, Pseudopodien, ausgestreckt: sie verschwimmen miteinander, werden wieder eingestülpt, andere ausgesendet. Die Nahrung wird einfach in der Weise aufgenommen, daß eine fremde Substanz von der Leibesmasse umschlossen und assimiliert wird, ohne daß ein besonderes Verdauungssystem vorhanden wäre (s. Abbildung, S. 52). Die Radiolarien ihrerseits erheben sich schon etwas über dieses tiefste Stadium; es beginnt eine Sonderung einzelner Teile, indem sich in der Mitte des Körpers eine Zentralkapsel, eine von einer Membran umschlossene Zelle, abscheidet. Auch diese Tierchen haben vielfach feste Ausscheidungen, die sich aber von jenen der Foraminiferen sehr wesentlich unterscheiden. Wir haben hier keine eigentlichen Gehäuse, sondern überaus zarte und zierliche Gerüste; bald sind es nur einzelne Nadeln, die sich miteinander verbinden, bald finden wir Kugeln, Glocken und ähnliche Bildungen, die aus einem unendlich fein durchbrochenen Gitterwerk bestehen und bald für sich, bald mit Nadeln kombiniert auftreten. Die Substanz dieser Gerüste besteht aus reiner Kieselsäure. Die obenstehende Abbildung zeigt eine lebende Radiolarie in sehr starker Vergrößerung: eine Gitterkugel ist vorhanden, die in der Zeichnung in kräftigeren Strichen hervortritt; im Inneren sieht man die Zentralkapsel, während von den Rändern die feinen Fortsätze oder Pseudopodien ausstrahlen.

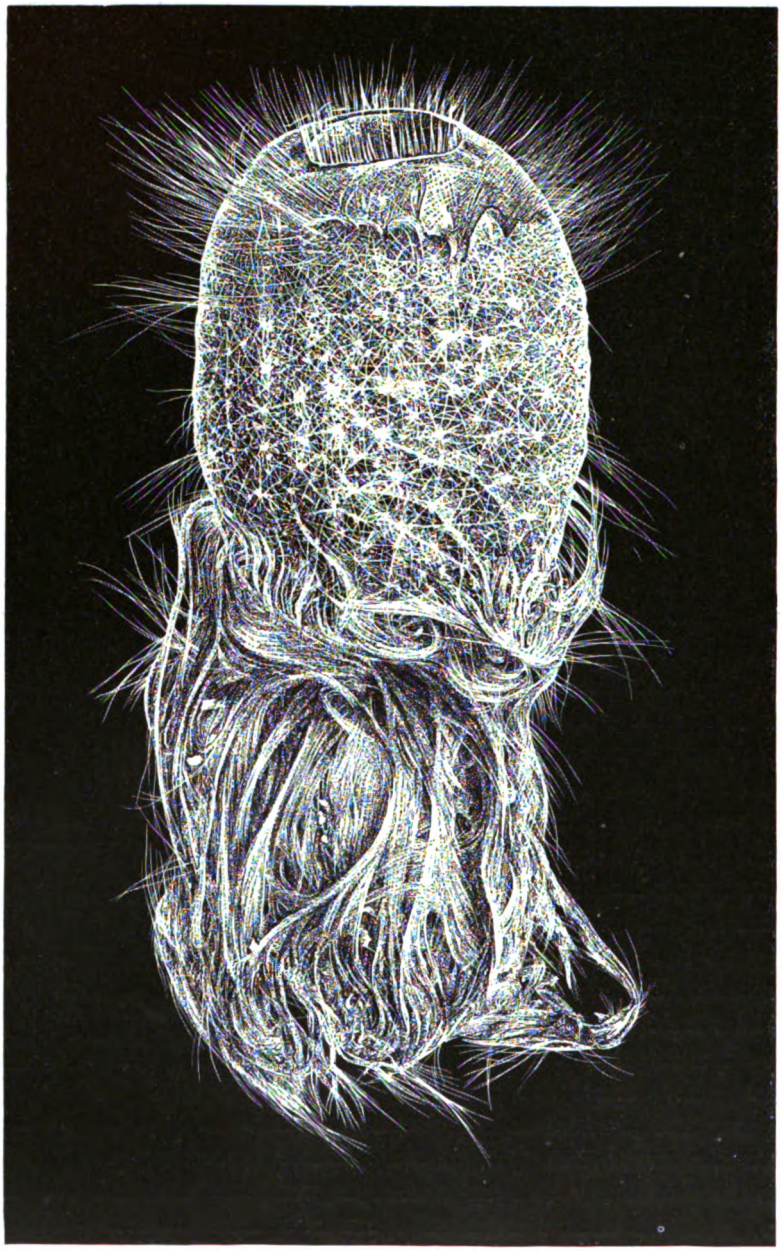


Heliosoma Roemeri, aus dem Silur von Cabrières. Stark vergrößert. (Nach Rüst.) Vgl. Text, S. 54.

Reste dieser überaus kleinen Tierchen sind jetzt in allen jüngeren Formationen und auch im Silur und Kambrium, ja selbst in vorkambrischen Ablagerungen bekannt. Es knüpft sich ein eigentümliches Interesse an unsere Kenntnis der fossilen Radiolarien; als Ehrenberg anfing, das Mikroskop zur Aufsuchung winziger Organismen in den Gesteinen anzuwenden, und auf diesem Gebiet mit unerhörtem Erfolg Entdeckung auf Entdeckung häufte, da fand er auch sehr bald, daß einige lockere kieselige Gesteine ganz oder zum größten Teil aus den Skeletten von Radiolarien zusammengesetzt seien (vgl. Band I, S. 633). Lange erfuhr dann unser Wissen keine Erweiterung

Digitized by Google

mehr, und man glaubte Jahrzehnte hindurch, daß die Radiolarien in allen älteren Ablagerungen gefehlt hätten. Da fand Waagen zu Anfang der siebziger Jahre eine Radiolarie im oberen Jura, Zittel einige weitere in der Kreideformation in schön erhaltenen Exemplaren. Man begann mit einer neuen Methode nach diesen kleinen Dingen zu forschen, man untersuchte Dünnschliffe von allerhand Kieselgesteinen, von Kieselschiefer, Feuerstein 2c., und sofort zeigten sich darin allerwärts die Spuren der Radiolarien bis hinab in die ältesten Bildungen.

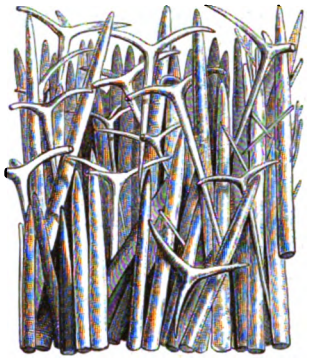


Lebender Kieselschwamm (Holtenia Carpenteri) aus der Tiefsee. Natürl. Größe. Vgl. Text, S. 55.

Kaum ein Beispiel könnte besser zeigen, wie großen Irrtümern man sich aussetzt, wenn man sichere Schlüsse aus dem Fehlen irgend welcher Formengruppen in einem bestimmten Zeitabschnitte ableiten will. Man hat bei den Foraminiferen die Erfahrung gemacht, daß schon in alten Formationen ähnliche oder selbst dieselben Formen vorkommen wie in der Gegenwart. Dasselbe mußte von den Radiolarien erwartet werden, und wirklich haben ausgedehnte Forschungen ergeben, daß schon im Silur neben einfachen hochentwickelte Radiolarien vorhanden waren, und daß die silurischen Formen mit den lebenden verglichen eine auffallende Übereinstimmung erkennen lassen (s. Abbild., S. 53, unten),

Digitized by Google

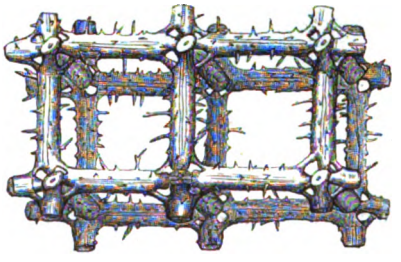
wenn man von der etwas größeren und derberen Gestaltung jener absieht. Diese Thatsache ist nicht so erstaunlich, als es auf den ersten Blick erscheinen mag. Größtenteils auf pelagische Lebensweise angewiesen und dieser vortrefflich angepaßt, waren diese Formen von jeher denselben unwandelbaren Lebensbedingungen unterworfen. Küsten- oder seichtes Wasser bewohnende Formen, wie manche Foraminiferen, verhielten sich anders. Sie lebten unter wechselvolleren Verhältnissen, wir sehen sie zeitweilig und örtlich in üppiger Entfaltung aufblühen; neue spezialisierte Formen gliedern sich in solchen Perioden vom alten Stamme ab, konnten später einem ungünstigen Wandel nicht mehr begegnen und starben aus.



Kieselnadeln von Tetraktinelliden. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 56.

Sehr viel reichlicher als die Urtiere oder Protozoen sind im Silur die zunächst in der Organisationsstufe über ihnen folgenden **Cölenteraten**, zu denen in der Jetztwelt die **Meerschwämme** oder **Spongien**, die **Korallen**, die **Quallen** oder **Medusen** und deren verschiedenartige Verwandte gehören. Bei diesen Tieren sehen wir schon eine weiter gehende Differenzierung. Der ganze Körper besteht nicht mehr aus einfacher Plasmamasse, sondern ist aus einzelnen Zellen und Geweben aufgebaut. Ferner finden wir einen großen Körperhohlraum, der die Funktionen des Verdauungssystems und des Blutgefäßsystems der höheren Lebewesen erfüllt, und bei den vollkommeneren Cölenteraten tritt sogar auch innerhalb dieses Hohlraumes eine weitere Teilung ein.

Die niederste Stufe unter diesen Geschöpfen nehmen die **Seeschwämme** oder **Spongien** ein, die einen sehr einfachen Körperhohlraum besitzen, deren Leib zum größten Teil aus Zellen der einfachsten Art zusammengesetzt ist. In die innere Leibeshöhle führen stets zahlreiche Poren und außerdem in der Regel eine oder mehrere größere Auswurfsöffnungen, Oscula. Zum erstenmal finden wir hier die höchst interessante und merkwürdige Erscheinung der Kolonienbildung, indem oft zahlreiche einzelne Individuen miteinander verwachsen und, in große Stöcke vereinigt, gemeinsamen Lebenshaushalt führen.



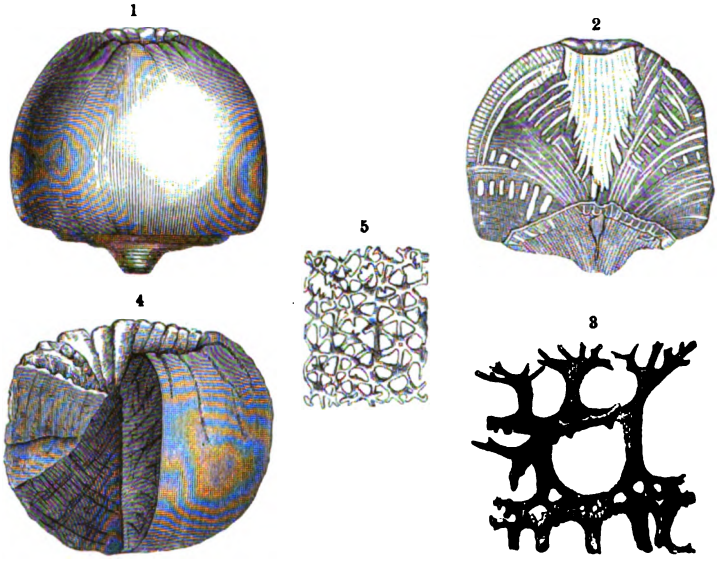
Nadelgerüst eines Hexaktinelliden. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 56.

Im fossilen Zustand können sich natürlich nur die festen Skelettteile erhalten, die von vielen Schwämmen ausgeschieden werden. Diese inneren Gerüste bilden ein Gewebe von miteinander verbundenen Nadeln oder Fasern, die entweder aus horniger organischer Substanz oder aus unorganischen kalkigen oder kieseligen Ausscheidungen bestehen. Jedermann kennt den Badeschwamm, dessen Skelett aus einem porösen Netzwerk innig miteinander verflochtener Hornfasern besteht. Natürlich können sich solche Gebilde fossil nicht oder nur in Ausnahmefällen erhalten; dagegen können dies solche Spongien, bei denen das feste Gerüst aus kalkigen, noch mehr, wo es aus kieseligen Nadeln besteht. Die Kieselschwämme finden sich in allen älteren Perioden, und auch heute leben sie in Menge am Meeresgrund, wo sie durch ein verfilztes Gewebe feiner Kieselnadeln am unteren Körperende festgehalten werden (s. Abbildung, S. 54). Doch gehören sie zu jenen Geschöpfen der Jetztwelt, die wir verhältnismäßig selten zu Gesicht bekommen, weil sie sich der großen Mehrzahl nach in jenen Tiefen des Ozeans aufhalten, aus denen nur mit größeren Schleppnetzen Material ans Tageslicht gebracht werden kann.

Digitized by Google

Die äußere Form der Spongien ist sehr wechselnd und mannigfaltig. Daher sind ihre Merkmale wenig beständig und leisten für die Beurteilung der Verwandtschaftsverhältnisse so geringe Dienste, daß wir hierin ganz auf den Bau der mikroskopischen Skelettelemente angewiesen sind.

Bei den Kieselschwämmen sind bisweilen ganz einfache, gerade Nadeln vorhanden (Familie der Monaktinelliden), bei anderen kommen vierstrahlige Nadeln vor (Tetraktinelliden, s. Abbildung, S. 55, oben), bei einer dritten, außerordentlich verbreiteten Gruppe, den Lithistiden, bestehen die Kieselelemente aus mehr oder weniger verzweigten Körpern, die an ihren Enden oder auch ihrer ganzen Länge nach mit wurzelartigen, knorrigen Ausläufern versehen sind, während wir bei einer vierten Gruppe, den Hexaktinelliden, ein überaus zierliches und regelmäßiges Gerüst sechsstrahliger Nadeln vorfinden (s. Abbildung, S. 55, unten).



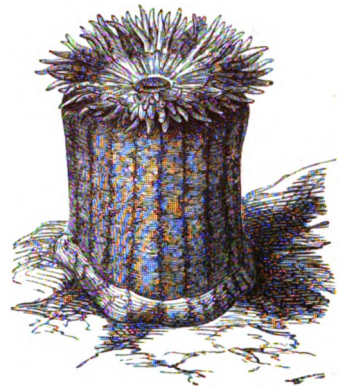
Silurische Kieselschwämme: 1) Aulocopium aurantium, 2) dasselbe durchgeschnitten; 3) Skelettelemente desselben, stark vergrößert; 4) Astylospongia praemorsa, ein Viertel des Schwammes herausgeschnitten; 5) Skelettelemente von Astylospongia, stark vergrößert. (Nach Römer und Zittel.)

Es liegt natürlich unserem Ziele fern, uns hier mit den verwickelten Einzelheiten im feineren Bau der einzelnen Familien zu beschäftigen. Die silurischen Schwämme, mit denen wir uns hier bekannt machen müssen, gehören teils den Monaktinelliden, teils den Lithistiden, wie z. B. Aulocopium (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 1), teils den Hexaktinelliden, wie Astylospongia (s. dieselbe Abbildung, Fig. 4), an. Außerlich sind diese Formen, wie alle ihre silurischen Verwandten, dadurch recht auffallend charakterisiert, daß sie auf ihrer Unterseite keine Spur einer Anheftungsstelle zeigen. Sie lagen also im Gegensatz zu der ungeheuern Mehrzahl der späteren Schwämme, die festgewachsen sind, frei am Meeresboden. Vielleicht waren auch schon die Kalkschwämme ausgebildet, wenn die Gattung Trachyum aus dem Kambrium und Silur Nordamerikas mit den Pharetronen, einer ausgestorbenen Gruppe der Kalkschwämme, nächst verwandt sein sollte.

Von ungleich größerer Bedeutung als die Schwämme sind die **Korallen** in den Ablagerungen des Silur. Während aus der kambrischen Formation nichts oder höchstens sehr unsichere Spuren dieser großen Klasse des Tierreiches bekannt sind, erscheinen sie jetzt in wunderbarer Vielgestalt und Massenentfaltung. Schon in jener frühen Zeit sehen wir sie unter ganz ähnlichen Verhältnissen auftreten wie in der Gegenwart, offenbar bauten sie schon damals Riffe, die in den wesentlichsten Punkten jenen entsprechen, die heute die Küsten der tropischen Meere umsäumen. Ziemlich vereinzelt im Untersilur (Nordamerika), gewinnen die Korallenriffe in der oberen Hälfte der Formation ganz gewaltig an Bedeutung: in den russischen Ostseeprovinzen, auf Gotland, in Norwegen, in Nordamerika und in verschiedenen anderen Gegenden treffen wir auf ihre Reste, ja selbst im hohen Norden, jenseits des 70. Breitengrades, hat man silurische Riffkorallen gefunden.

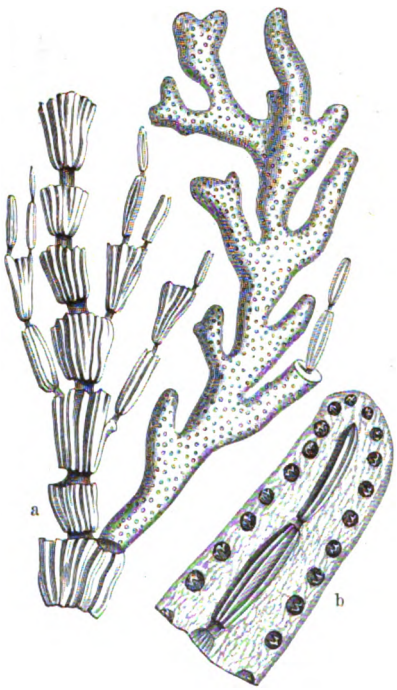
Digitized by Google

Diese merkwürdigen Thatsachen regen sofort die schwierige Frage nach den klimatischen Verhältnissen an, die in der Urzeit auf der Erdoberfläche geherrscht haben. Es ist eine allbekannte Thatsache, daß heute die großen, stockbildenden Korallen und ihre Riffbauten nur in Regionen gedeihen, wo die Temperatur des Meerwassers das ganze Jahr hindurch nie unter 20° C. herabsinkt. Wenn wir nun im nördlichsten Teile von Nordamerika, auf Norddevon, auf der Beechey-Insel ꝛc., silurische Riffkorallen finden, so liegt die Vermutung nahe genug, daß damals weit jenseits der Polarkreise ein Klima geherrscht habe, wie wir es heute zwischen den Wendekreisen finden. So bestechend aber auch eine solche Folgerung klingen mag, so ist doch, wie oben gezeigt wurde, durchaus kein sicherer Beweis für die Richtigkeit der Annahme vorhanden.



Lebendes Korallentier (Aktinie). Natürl. Größe.

So groß übrigens in der äußeren Tracht und der Art des geselligen Zusammenvorkommens die Ähnlichkeit zwischen den Korallen der paläozoischen Zeit und den modernen Formen ist, so zeigt doch eine nähere Betrachtung, daß zwischen ihnen sehr wesentliche Unterschiede in der Organisation bestanden haben müssen. Die meisten Korallentiere haben cylindrische oder kegelförmige Gestalt; sie bestehen zunächst aus einer Körperwand, die den Leibeshohlraum umschließt, der aber hier nicht einfach ist, sondern durch eine Anzahl von Falten, die von der Innenseite der Körperwandung nach innen vorspringen, die sogenannten Mesenterialfalten, in Fächer oder Taschen geteilt wird. An der Oberseite befindet sich der Mund, umgeben von Tentakeln, die in Zahl und Stellung den Mesenterialfalten entsprechen (s. obenstehende Abbildung). Solche Tiere treten entweder einzeln auf, oder sie bilden Stöcke, Kolonien, indem sie sich in großer Zahl unmittelbar aneinander legen und verwachsen, oder indem die einzelnen Individuen in eine gemeinsame Fleischmasse (Cönosark) eingebettet sind. Diese Kolonien vergrößern sich nicht durch Vermehrung auf geschlechtlichem Wege, sondern entweder dadurch, daß sich das Individuum in zwei spaltet, oder durch Knospung.

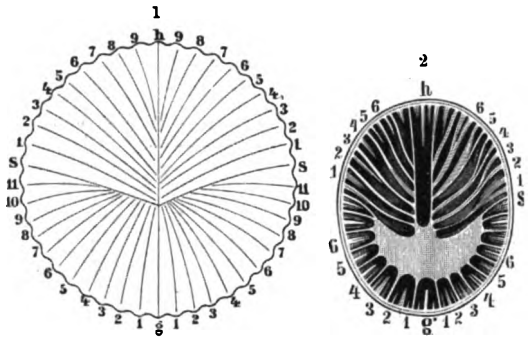


Koralle mit innerem Achsenskelett (Isis): a) ein Stock, dessen linker Ast nur das Achsenskelett zeigt, während an dem rechten das Skelett von dem Cönosark umhüllt ist, b) ein Stück in größerem Maßstab, aufgeschnitten. (Nach Bronn.) Vgl. Text, S. 58.

Die Bildung eines festen Skeletts geht in verschiedener Weise vor sich. Das bekannteste Beispiel dieser Art, das baumförmige Gerüst der roten Edelkoralle, stellt einen Ausnahmefall dar, wie er unter den geologisch jüngeren Formen nicht häufig, unter den sehr alten gar nicht vorkommt. Wir haben es dabei mit einem sogenannten inneren Achsenskelett zu thun. Die roten Bäumchen werden rings von der gemeinsamen Fleischmasse (Cönosark) umschlossen, und in ihr liegen die einzelnen Individuen. Wir haben hier also eine innere

Digitized by Google

Stütze für die Gesamtkolonie, ohne daß den Einzeltieren ein bestimmter Anteil an diesem kalkigen Gebilde zugewiesen werden könnte (s. die untere Abbildung auf S. 57). In ganz anderer Weise erfolgt die Skelettbildung bei der großen Mehrzahl der Korallen. Die Leibeswand scheidet in ihrem Inneren eine der Körperform genau entsprechende, also gewöhnlich cylindrische oder kegelförmige Kalklamelle aus, die sogenannte Zellwand (Mauerblatt, Theca), und analoge Blätter bilden sich im Inneren der Mesenterialfalten, so daß wir also dann eine kalkige Zelle haben, in der mehr oder weniger zahlreiche Sternleisten oder Septa vom Zentrum gegen den Rand ausstrahlen. Außerdem entwickeln sich bei vielen Korallen noch andere kalkige Gebilde im Inneren der Zelle, sogenannte Endothekargebilde, indem oft vom Grunde der Zelle ein solides Kalksäulchen, die Columella, aufragt, an die sich die Sternleisten anlegen; bei anderen stellen sich um die Columella kleinere Säulchen in einem oder mehreren Kränzen; bei vielen wieder finden sich kalkige Querböden in der Zelle oder blasiges Kalkgewebe oder andere Gebilde.



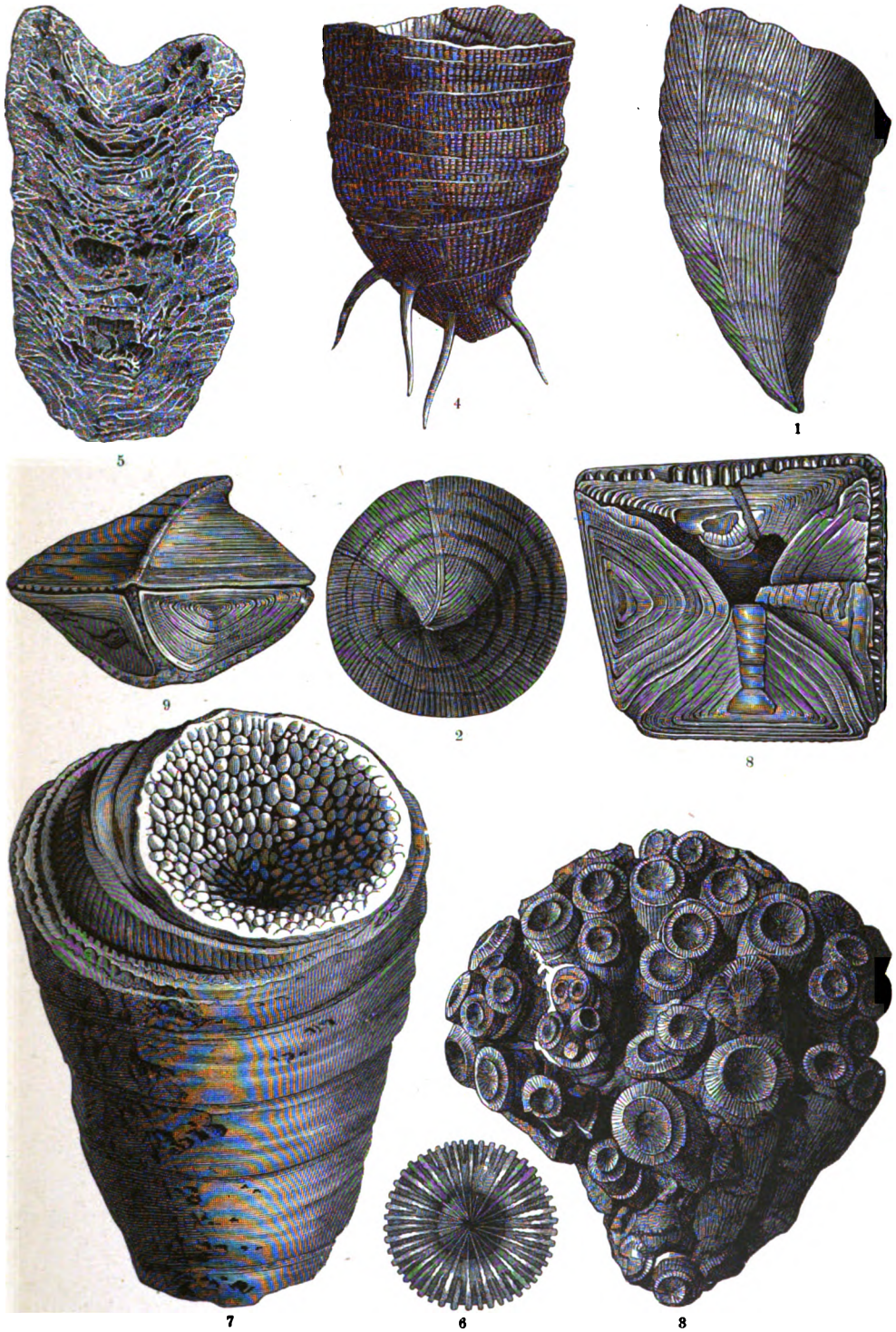
1) Schema des Wachstums der Tetrakorallien: h) Hauptsseptum, g) Gegenseptum, s) Seitenseptum, 1—11) sekundäre Septa nach der Reihenfolge ihrer Bildung. (Nach Kunth.) 2) Kelch von Menophyllum aus dem Kohlenkalk von Tournai, von oben gesehen. Vgl. Text, S. 60.

Die Kolonienbildung findet in mannigfacher Weise statt: bald legen sich die benachbarten Zellen unmittelbar mit ihren Wandungen aneinander, oder sie bilden baumförmig verästelte Stöcke; bisweilen wuchern die Sternleisten einer Zelle über den Rand der Zelle hinaus und verwachsen mit jenen der Nachbarzellen, oder wir finden eine gemeinsame Kalkmasse, ein kalkiges Cönenchym, worin die einzelnen Zellen eingebettet liegen.

Am wichtigsten ist beim Studium der Korallen die Zahl und Anordnung der Sternleisten oder Septa im Inneren der Kelche. Bei der Hauptabteilung der paläozoischen Korallen sind diese Leisten stets in einer Zahl vorhanden, die ein Mehrfaches von vier beträgt; sie werden daher vierzählige Korallen oder Tetrakorallien (auch Rugosen, Runzelkorallen) genannt. Die Anordnung der Sternleisten ist bei der Mehrzahl dergestalt, daß sie einfach strahlenförmig um das Zentrum gruppiert erscheinen; doch eine nähere Untersuchung zeigt, daß die Anlage der Septa in Wahrheit zweiseitig symmetrisch ist, wie das bei einigen auch im Alter, bei allen aber in der Jugend sichtbar ist.

Wenn man einen Korallenkelch von außen beobachtet, so sieht man auf seiner Oberfläche deutliche Streifen von der Spitze nach dem Rande des Kelches. Sie entsprechen ihrer Lage nach genau den Sternleisten im Inneren des Kelches, und wir brauchen daher nur den Verlauf der Streifen auf der Außenwand zu verfolgen, um die Anordnung der Sternleisten und die Art ihrer Vermehrung zu erkennen. An günstig erhaltenen Exemplaren sieht man vier primäre, zuerst gebildete Sternleisten durch ihre Lage besonders ausgezeichnet, das Hauptseptum, das Gegenseptum und die beiden Seitensepta; alle anderen Sternleisten stellen sich symmetrisch zu einer durch Haupt- und Gegenseptum gedachten Ebene. Die obenstehende schematische Zeichnung, Fig. 1, zeigt dieses deutlicher als eine lange Beschreibung. Sie stellt eine einzelne Zelle auf ihre Mündung gestellt, die Spitze nach oben gekehrt, dar, und wir sehen, daß oben die Sternleisten wie die Fasern im Barte einer Feder vom Hauptseptum ausstrahlen, unten einseitig von den Seitensepten ausgehen und sich dem Gegenseptum parallel stellen (s. Fig. 1 der beigehefteten Tafel „Silurische und devonische Tetrakorallien“). Bei einigen Tetrakorallien ist diese symmetrische

Digitized by Google



Silurische und devonische Tetrakorallien.

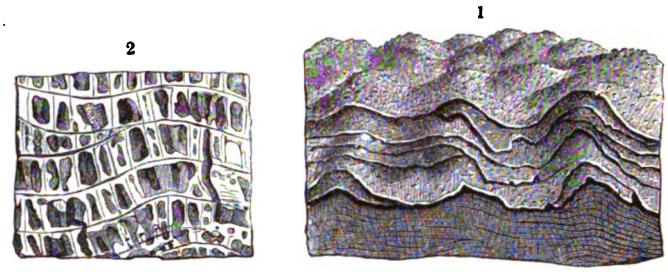
1) **Streptelasma**, aus dem oberen Silur von Gotland, von der Seite, 2) von unten. (Nach Kunth.) 3) **Cyathophyllum truncatum**, aus dem oberen Silur von Gotland. 4) **Omphyma subturbinatum**, aus dem oberen Silur von Gotland, von der Seite, 5) durchschnitten. 6) **Palaeocyclus porpita**, aus dem Obersilur von Gotland. 7) **Cystiphyllum vesiculosum**, aus dem Devon der Eifel. (Nach Goldfuß.) 8) **Goniophyllum**, die Mündung mit vierteiligem Deckel verschlossen, aus dem oberen Silur von Gotland. 9) Dasselbe von der Seite. (Nach Lindström.)

Digitized by Google

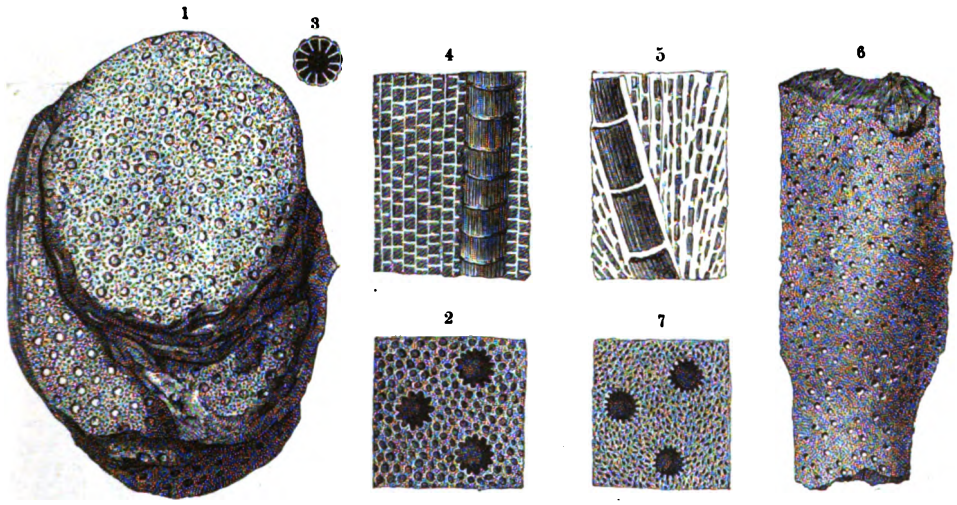
Digitized by Google

Anordnung zeitlebens deutlich (s. Abbildung auf S. 58, Fig. 2), häufig aber verwischt sie sich mit dem Wachstum, so daß sie strahligen Typus annehmen. Häufig bleibt das Hauptseptum im Wachstum zurück und liegt als schwache Leiste in einer Furche der Kelchwand.

Die Tetrakorallien, die in einigen Nachzüglern bis in die Triasformation reichen, bilden durch ihre zweiseitige Entwickelung einen merkwürdigen Gegensatz zu den übrigen Korallen. Bei diesen herrscht der strahlige Bau vor, und nur in der allerfrühesten Jugend, noch ehe die Bildung des Kalkskeletts beginnt, läßt sich bei den jetzt lebenden Formen in der Anlage der ersten Mesenterialfalten Hinneigung zum zweiseitigen Bau erkennen. In früherer Zeit betrachtete man ganz allgemein den Gegensatz zwischen strahligem und zweiseitig symmetrischem Bau als einen der wichtigsten und tiefgreifendsten im ganzen Gebiete der Tierwelt und stellte den Typus der Strahltiere als einen durchaus in der ganzen Anlage



Stromatopora: 1) in natürl. Größe, 2) vergrößerter Querschnitt. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 62.

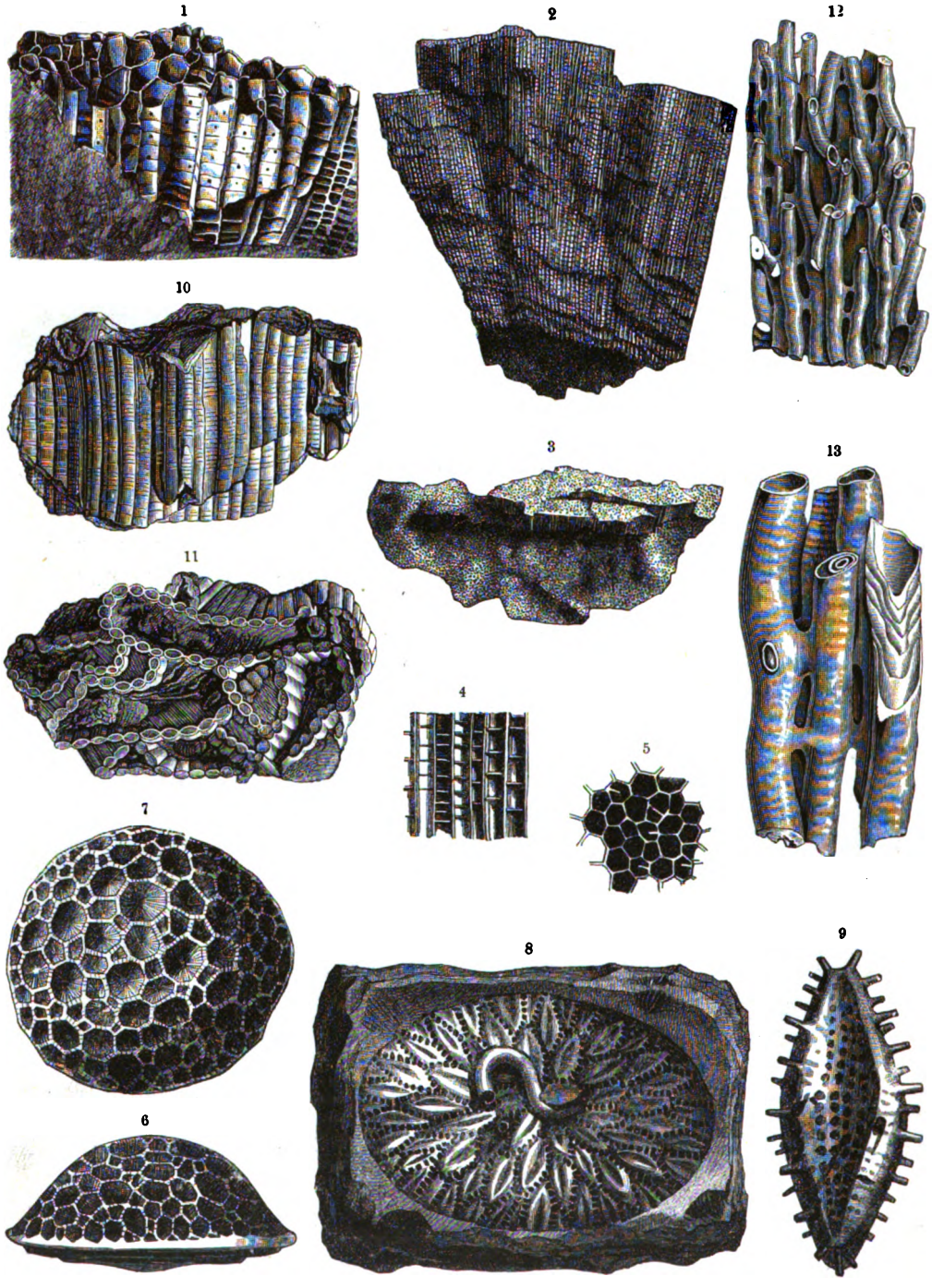


1) Heliolithes porosus, aus dem Devon der Eifel, in natürl. Größe; 2) Oberfläche des Stockes, vergrößert; 3) einzelne Zelle, vergrößert; 4) Längsschnitt durch eine Kolonie, vergrößert (nach Zittel); 5) Heliopora Partschi, aus oberer Kreide des Salzkammergutes, vergrößerter Längsschnitt (nach Zittel); 6) Heliopora coerulea, aus dem Roten Meer, Oberfläche einer Kolonie in natürl. Größe, 7) vergrößert. (Fig. 5—7 sind zum Vergleich der paläozoischen Tabulaten mit der noch lebenden Gattung Heliopora beigefügt.) Vgl. Text, S. 62.

von allen höheren Formen geschiedenen hin. Wenn wir aber die historische Entwickelung der Korallen, der typischsten Strahltiere, ins Auge fassen, so beobachten wir einen ganz anderen Zusammenhang: die geologisch ältesten Formen sind echt zweiseitig, und erst allmählich stellt sich eine Umbildung zum strahligen Bau ein; dieser erscheint uns also in diesem Falle nur als eine sekundäre Erscheinung, als eine eigentümliche Abänderung der ursprünglich zweiseitigen Entwickelung.

Außer den besprochenen Merkmalen sind noch manche andere für die Tetrakorallien charakteristisch: ihre Wände und Septa sind nie von Poren durchbohrt, im Inneren des Kelches treten

Digitized by Google

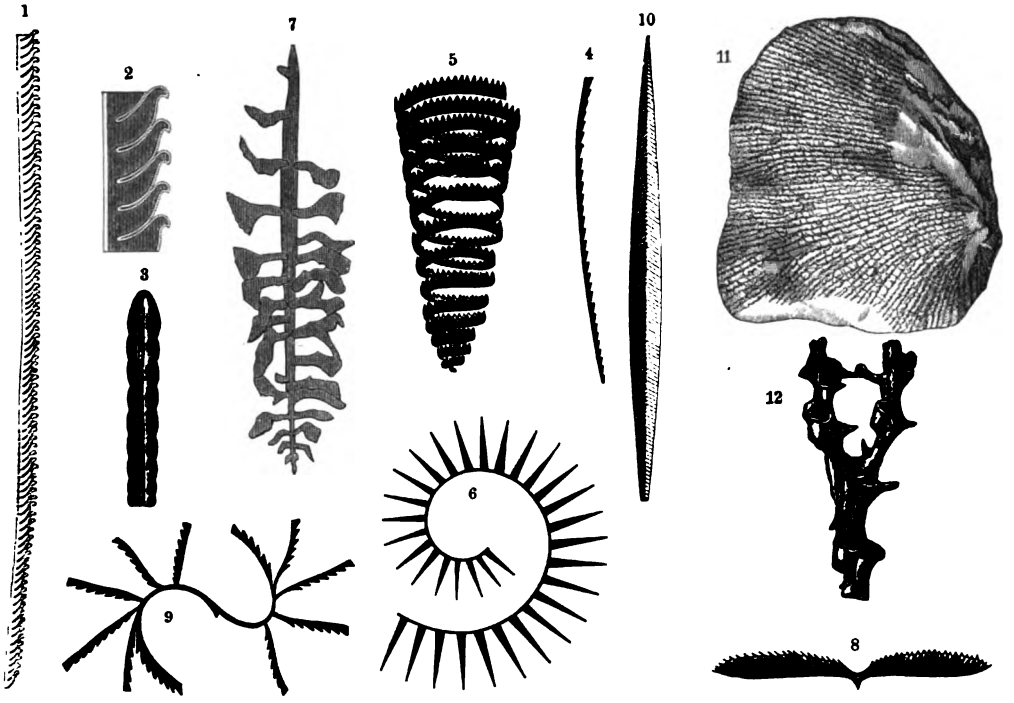


Paläozoische Tabulaten: 1) Favosites gotlandicus, aus Obersilur von Gotland, etwas vergrößert; 2) Chaetetes radians, aus dem Kohlenkalk von Moskau, von der Seite, 3) von oben, 4) von der Seite, stark vergrößert, 5) von oben, stark vergrößert; 6) Pleurodictyum americanum, aus amerikanischem Devon, von der Seite, 7) von oben; 8) Pleurodictyum problematicum, aus dem rheinischen Unterdevon, Steinkern einer ganzen Kolonie; 9) Steinkern einer einzelnen Zelle, vergrößert; 10) Halysites catenularius, „Kettenkoralle", aus gotländischem Obersilur, von der Seite, 11) von oben; 12) Syringopora cancellata, aus dem obern Silur, in natürlicher Größe, 13) vergrößert. (Nach F. Römer.) Vgl. Text, S. 62 und 114.

Digitized by Google

an ausfüllenden Endothekargebilden Querboden, blasiges Gewebe oder kompakte Kalkmasse auf (s. die Tafel bei S. 58, Fig. 5); wo Kolonienbildung stattfindet, geschieht die Vergrößerung der Stöcke stets durch Knospung (s. die Tafel, Fig. 3), nie durch Teilung, und die Zellen sind niemals in ein Cönenchym eingebettet. Als eine besonders merkwürdige Eigentümlichkeit ist ferner noch hervorzuheben, daß bei manchen Gattungen Deckel vorhanden sind, womit die Zellmündung verschlossen werden konnte, ja bei Goniophyllum finden sich sogar deren vier (s. die Tafel, Fig. 8 u. 9).

Die Tetrakorallien sind in der ganzen paläozoischen Periode vom unteren Silur an verbreitet. Der Höhepunkt ihrer Entwickelung fällt ins obere Silur, wo sie in wunderbarer Mannig-



Silurische Graptolithen: 1) Monograptus priodon, in natürl. Größe; 2) Längsschnitt davon, vergrößert; 3) Rückseite davon, vergrößert; 4) Monograptus Nilsoni; 5) Monograptus turriculatus; 6) Rastrites Linnéi; 7) Diplograptus mit sogen. Eikapseln; 8) Didymograptus pennatulus; 9) Coenograptus gracilis; 10) Retiolites Geinitzianus (nach Zittel); 11) Dictyonema cervicorne (nach Holm). Vgl. Text, S. 86 und 62.

faltigkeit hervortreten. Cyathophyllum, Omphyma, Streptelasma, Zaphrentis, Cystiphyllum, Goniophyllum sind einige der wichtigsten Gattungen. Erwähnung mag noch die auf Gotland häufige Gattung Palaeocyclus finden, bei der die Zellwand nicht wie gewöhnlich kegelförmig oder zylindrisch, sondern ganz flach in einer Ebene ausgebreitet ist, während sich die Septa senkrecht darüber erheben (s. die Tafel bei S. 58, Fig. 6).

Neben den Tetrakorallien nimmt noch eine zweite Gruppe von Korallenformen an dem Aufbau der paläozoischen Riffe wichtigen Anteil. Es sind das die sogenannten Tabulaten, fast ausschließlich in Stöcken auftretende Typen mit meist sehr langgestreckten, cylindrischen oder prismatischen Zellen, die durch das Fehlen oder die überaus schwache Entwickelung der Sternleisten und vollständig entwickelte Querböden im Inneren der Zellen ausgezeichnet sind. Hierher gehören viele der häufigsten charakteristischen Vorkommnisse, so die Gattung Favosites, mit langgestreckten, prismatischen Zellen, die einer Gruppe von Basaltsäulen im kleinen gleichen. Diese Zellen haben sehr regelmäßige Querböden und sind durch vereinzelte große Poren in den Wandungen mitein-

Digitized by Google

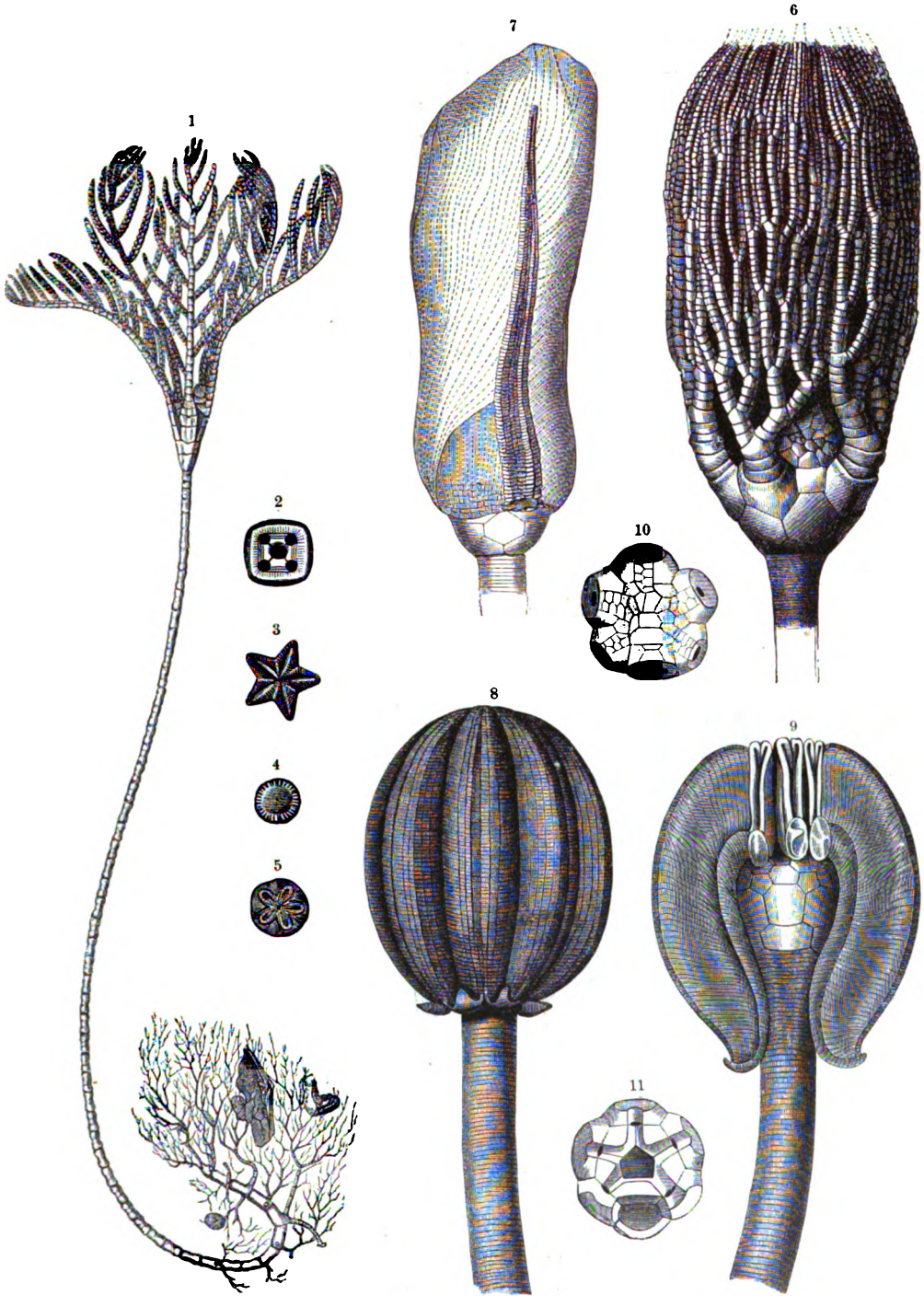
ander verbunden. Chaetetes stellt einen Favosites in sehr verkleinertem Maßstabe und ohne Poren in den Zellwänden dar. Bei Syringopora berühren sich die einzelnen zylindrischen Zellen nicht unmittelbar, sondern sind durch Querröhren verbunden. Bei den merkwürdigen Kettenkorallen (Halysites) sind die langgestreckten, elliptischen Zellen zu Reihen angeordnet, die sich eben nur berühren (s. Abbildungen, S. 60).

Die zoologische Stellung der Tabulaten und die Frage, ob sie eine natürliche Gruppe darstellen, ist verschieden beurteilt worden. Bei der Gattung Heliolithes sehen wir einzelne größere Zellen zwischen einer großen Menge sehr feiner Röhren stehen; derselbe Bau findet sich auch bei der geologisch jüngeren und noch an den Korallenriffen der Gegenwart in Menge lebenden Gattung Heliopora, die in die Ordnung der Alcyonarier gerechnet wird (s. Abb., S. 59, unten). Auch eine andere Gattung der Tabulaten, Syringophyllum, hat einen ähnlichen Bau wie die rezente, ebenfalls zu den Alcyonariern gehörige Tubipora, die bekannte Orgelkoralle. Man könnte hieraus auf wirkliche Verwandtschaft schließen, wenn nicht die geologische Verbreitung und der Umstand, daß Heliolithes 12, die Alcyonarier dagegen stets 8 Mesenterialfalten zeigen, eine solche Annahme erschwerten. Wahrscheinlich bilden die Tabulaten eine den Hexakorallien und Tetrakorallien ebenbürtige selbständige Abteilung.

Seeigelstacheln, nach Rhomboederflächen abgebrochen. Vgl. Text, S. 65.

Fügen wir zu den Tetrakorallien und Tabulaten noch die Hydroidpolypen, als deren Typus Stromatopora (s. Abb., S. 59, oben) gelten mag, so ist damit aufgezählt, was an sicheren Repräsentanten der Cölenteraten im Silur auftritt. Außer diesen Typen kommt aber noch eine Formengruppe vor, deren wahre Stellung und verwandtschaftliche Beziehungen noch nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen sind. Es sind das die Graptolithen, die in den kambrischen Bildungen nicht allzu spärlich, im Devon nur in wenigen dürftigen Überresten vereinzelt, im Silur aber in ungeheurer Menge und Formenmannigfaltigkeit vorhanden sind und in manchen Ablagerungen alle Schichtflächen mit ihren seltsam geformten Resten bedecken. Durch diese Art der Verbreitung haben die Graptolithen schon seit langem als wichtige Charakterversteinerungen des Silur eine hohe Bedeutung erlangt. Mühsame Einzelarbeiten, namentlich in England und Schweden, haben gezeigt, daß die Graptolithen mit weiter geographischer Verbreitung große Veränderlichkeit in der Zeit verbinden und daher für die nähere Gliederung der Silurformation und die Bestimmung der engeren Horizonte sehr gute Dienste zu leisten vermögen. Sie sind, gleich den Bryozoen und vielen Korallen, Kolonien zahlreicher kleiner Einzeltierchen, unterscheiden sich aber von diesen dadurch, daß sich die einzelnen Zellen nach unten in einem gemeinsamen Kanal öffnen, daß eine feste Achse vorhanden ist, und endlich dadurch, daß die erhaltenen Skelettteile nicht aus Kalk, sondern aus einer hornigen (chitinösen) Substanz bestehen. Bei den einfachsten Formen sehen wir eine einfache, gerade oder gebogene, stabförmige Achse, die auf einer Seite von einem hohlen Kanal begleitet wird. Dieser trägt auf der der Achse entgegengesetzten Seite eine dicht gedrängte Reihe kleiner Zellen, die alle nach unten mit dem Kanal in offener Verbindung stehen (Monograptus). Bei anderen sind die Zellen größer und weiter voneinander entfernt (Rastrites), oder der Achse sind zwei Zellreihen angefügt (Diplograptus); ja deren Zahl kann auf drei steigen. Eine weitere Formengruppe zeigt ein zellenloses, dolchförmiges Anfangsstück, die sogenannte Sicula, von der zwei oder mehrere Achsen ausgehen; diese teilen sich bei manchen zwei- und mehrfach, und jede Achse trägt eine Reihe von Zellen, während bei einer sehr abweichenden Gattung (Dictyonema) die Achse ganz fehlt und ein korbartiges Netzwerk von horniger Beschaffenheit die Zellen trägt (s. Abbildung, S. 61).

Digitized by Google

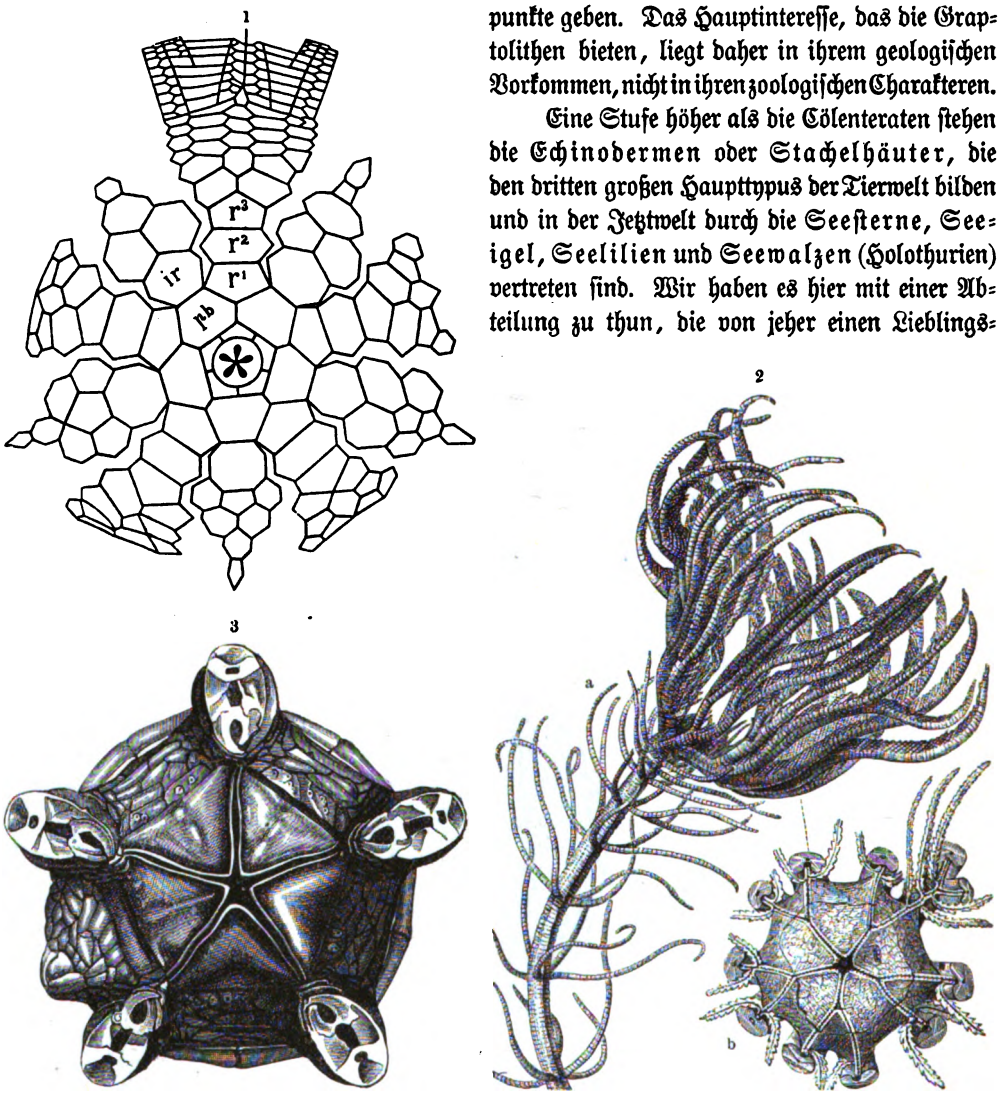


1) Rhizocrinus Loffotensis, jetzt lebender Tiefsee-Krinoide. 1½ natürl. Größe; 2—5) Stielglieder von Krinoiden, von der Gelenkfläche gesehen; Silurische Krinoiden: 6) Cyathocrinus ramosus, aus oberm Silur von Gotland; 7) Crotalocrinus pulcher, ebenbaher; 8) Barrandocrinus sceptrum, ebenbaher; 9) derselbe nach Entfernung von zwei Armen (nach Angelin); 10) Cyathocrinus malvaceus, aus amerikanischem Silur, die vollständige Kelchdecke; 11) derselbe nach Entfernung der obersten Plattenlage, mit Mund, After und Ambulakralfurchen (nach Meek und Worthen). Vgl. Text, S. 66 und 70.

Digitized by Google

Die Graptolithen dürften eine selbständige, ausgestorbene Abteilung darstellen, ohne sehr nahe Beziehung zu irgend einer der jetzt noch lebenden Gruppen, über deren Stellung im System wir kein sicheres Urteil fällen können, da die Skelettcharaktere hierzu keine hinreichenden Anhaltspunkte geben. Das Hauptinteresse, das die Graptolithen bieten, liegt daher in ihrem geologischen Vorkommen, nicht in ihren zoologischen Charakteren.

Eine Stufe höher als die Cölenteraten stehen die Echinodermen oder Stachelhäuter, die den dritten großen Haupttypus der Tierwelt bilden und in der Jetztwelt durch die Seesterne, Seeigel, Seelilien und Seewalzen (Holothurien) vertreten sind. Wir haben es hier mit einer Abteilung zu thun, die von jeher einen Lieblings-



1) Schematische Darstellung eines verwickelt gebauten Krinoidenkelches (Rhodocrinus), nach Schultze; 2) lebender Pentacrinus: a) Kelch mit den Armen und einem Teil des Stieles, 1/2 natürl. Größe, b) Kelch mit abgeschnittenen Armen, von oben gesehen (Kelchdecke), natürl. Größe; 3) Kelchdecke des lebenden Hyocrinus mit fünf großen kalkigen Mundstücken (die Arme sind abgeschnitten), vergrößert (nach Wyville Thomson). Vgl. Text, S. 67 und 68.

gegenstand des Studiums für die Paläontologen gebildet hat: keine Abteilung der niederen Tiere bietet dem Forscher, abgesehen von den wissenschaftlichen Ergebnissen der Arbeit, so reichen Genuß durch ihre Formenpracht, durch die Zierlichkeit und Mannigfaltigkeit, womit die Natur selbst ihre niedrigsten Geschöpfe verschwenderisch ausgestattet hat. Die prächtige Täfelung, die reiche, bis ins kleinste Detail ausgeführte Oberflächenverzierung eines Seeigels, die Mannigfaltigkeit seiner Stachelbekleidung, das merkwürdig gegliederte Skelett eines Seesternes, die Formenpracht der Krinoiden oder Seelilien, deren wunderbarer gefiederter Kelch sich blumenartig auf schlankem

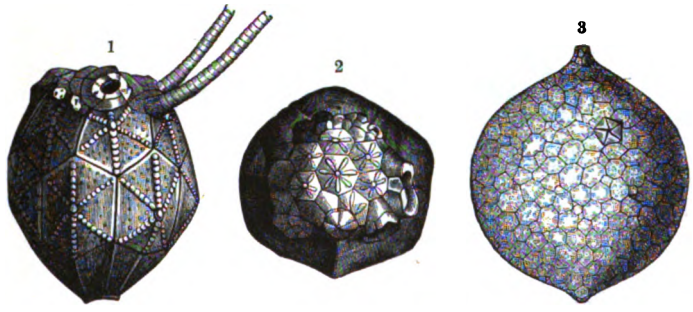
Digitized by Google

Stiele wiegt: alles das sind Dinge, die kein mit Sinn für Naturbetrachtung begabter Mensch ohne Bewunderung sehen kann.

Auch vom wissenschaftlichen Standpunkte verdienen die Echinodermen das größte Interesse. Die kalkigen, der Erhaltung fähigen Skelettteile sind von einer Menge von Poren, Ausschnitten und Öffnungen durchsetzt, die dem Durchtritt wichtiger Organe dienen, so daß wir aus diesen Resten auf die Beschaffenheit der verloren gegangenen Weichteile schließen und die Organisation der ausgestorbenen Formen mit ziemlicher Sicherheit beurteilen können. Infolgedessen sind wir über die Stammesgeschichte der Echinodermen ziemlich gut unterrichtet.

Agelacrinus aus amerikanischem Untersilur. (Nach Hall.) Vgl. Text, S. 70.

Die Echinodermen sind Tiere von vorherrschend fünfstrahligem Bau, mit verkalktem, häufig stacheltragendem Hautskelett, mit gesondertem Darm- und Blutgefäßapparat, mit Nervensystem und Ambulakralkanälen. Das Ambulakral- oder Wassergefäßsystem ist wohl das merkwürdigste Organ der Echinodermen und neben dem fünfstrahligen Bau ihr hervorragendstes Merkzeichen. Um den Schlund des Tieres legt sich ein ringförmiger Kanal, von dem fünf weitere Kanäle ausstrahlen. Diese verzweigen sich und haben zahlreiche feine, schlauchförmige Anhänge, die sogenannten Ambulakralfüßchen, die durch Poren und Öffnungen nach der Außenseite des kalkigen Hautskeletts durchtreten. Mit ihnen stehen im Inneren zusammenziehbare Blasen, die Ampullen, in Verbindung, die gleich dem ganzen Ambulakralsystem, mit wässeriger Flüssigkeit gefüllt sind. Durch deren Zusammenziehung werden die sonst schlaffen Ambulakralfüßchen geschwellt und ausgestreckt, sie können sich dann mit kleinen Saugplatten, die an ihren Enden angebracht sind, an fremde Körper anheften und so zur Bewegung von Ort zu Ort, zur Ergreifung von Beute ꝛc. dienen.



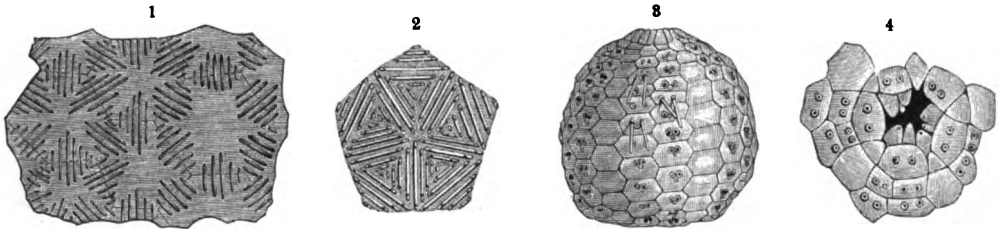
Cystideen: Caryocrinus ornatus: 1) von der Seite, 2) von oben; 3) Echinosphaerites aurantium. Vgl. Text, S. 70.

Das kalkige Hautskelett der Echinodermen ist in der Regel bei fossilen Exemplaren durch eine charakteristische Struktur ausgezeichnet, indem an jedem Bruch die spiegelnden Kristallflächen des Kalkspates hervortreten, wie das bei keiner anderen organischen Form der Fall zu sein pflegt. Bekanntlich ist der Kalkspat nach bestimmten Richtungen leicht teilbar oder spaltbar in der Art, daß man durch Spalten aus jedem Kristallfragment Stücke von einer bestimmten Form, Rhomboeder, herausschälen kann. Auch die fossilen Echinodermenreste spalten deutlich nach den Flächen dieses Rhomboeders; ein Hammerschlag auf einen Krinoidenstiel oder Seeigelstachel läßt die Erscheinung hervortreten. Dabei zeigt sich das merkwürdige Verhältnis, daß in der Längserstreckung des Stieles oder Stachels die kristallographische Hauptachse des Spaltungsrhomboeders liegt (s. Abbild., S. 62), so daß der Bruch nach einer genau vorherzubestimmenden schrägen Richtung erfolgt. Dieser Umstand weist darauf hin, daß schon beim lebenden Tier eine derartige Anordnung vorhanden sei; allein hier besteht das Skelett aus einem

Digitized by Google

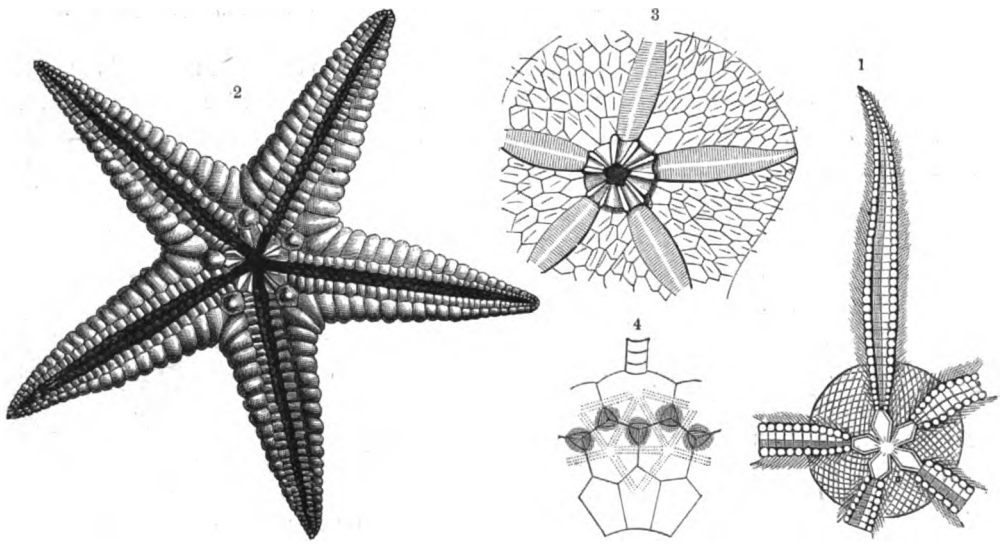
fein netzförmigen Gewebe von Kalkspat, dem organische Teile eingelagert sind, so daß die Spaltbarkeit meist weniger deutlich wird.

Von den vier in der Jetztwelt lebenden Klassen der Echinodermen sind Seeigel, Seesterne, und Seelilien oder Krinoiden im Silur schon vorhanden, während die zur Fossilisation ungeeigneten Holothurien keine Spuren hinterlassen haben, vielleicht damals noch gar nicht existierten. Dafür aber tritt hier die ausgestorbene Klasse der Cystideen auf, die, ähnlich wie die Grapto-



1, 2) Porenrauten von Cystideen (nach Zittel); 3, 4) Botriocidaris Pahleni, aus dem Untersilur der russischen Ostseeprovinzen (nach Fr. Schmidt). Vgl. Text, S. 71 und 72.

lithen, fast ganz auf das Silur beschränkt und namentlich im unteren Silur sehr verbreitet ist. Nur wenige Vorläufer sind aus den kambrischen Ablagerungen, vereinzelte Nachzügler aus dem Devon



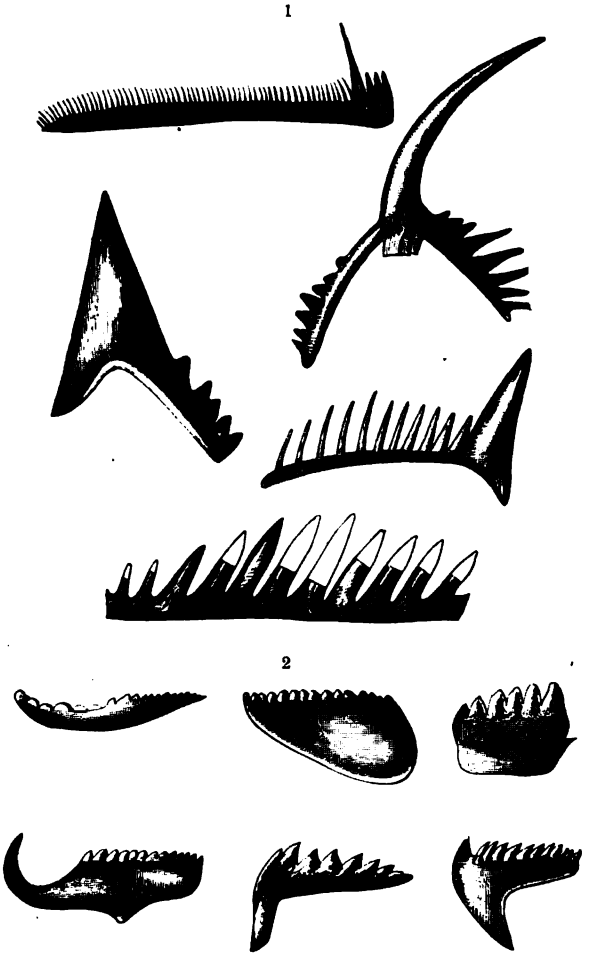
Silurische Seesterne und Cystideen: 1) Protaster; 2) Palaeaster (nach Hall); 3) Palaeodiscus (nach Wright); 4) Porocrinus, schematische Zeichnung (nach Beyrich). Vgl. Text, S. 71 und 72.

und der Kohlenformation bekannt geworden. Diese Cystideen scheinen den ältesten und ursprünglichsten Typus darzustellen, von dem alle anderen Echinodermen abstammen, und es wäre daher eigentlich am naturgemäßesten, sie vor allem hier in Betracht zu ziehen. Aber gerade sie sind in vieler Beziehung unregelmäßig und von den in ihren Weichteilen genau bekannten lebenden Formen verschieden. Wir wenden uns daher zunächst zu den Krinoiden, die an Formenmenge und Häufigkeit alle anderen paläozoischen Echinodermen bei weitem übertreffen.

Wenn wir einen normal gebauten Krinoiden betrachten (s. die Abbildung, S. 63, Fig. 1), so bemerken wir zwei Hauptteile, den Stiel und die Krone, die wieder in den Kelch und die Arme zerfällt. Der Stiel ist in der Regel mit seinem unteren Ende an irgend einem festen Körper

Digitized by Google

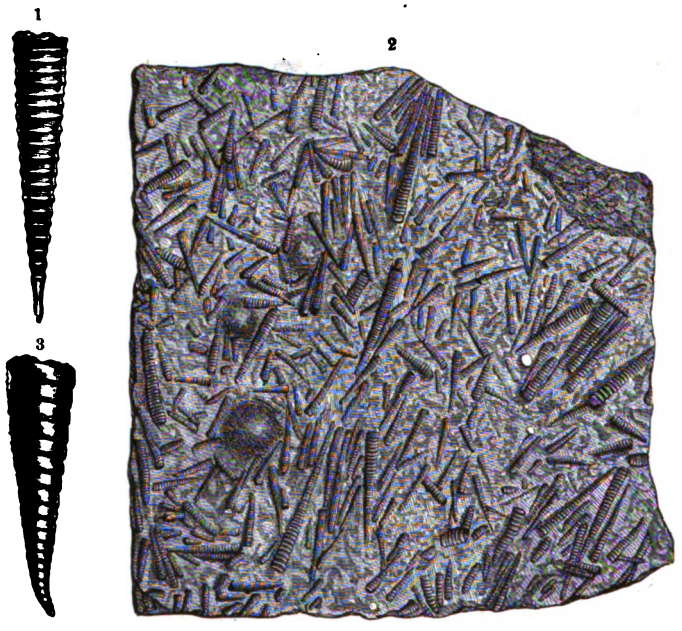
angeheftet, bisweilen aber verjüngt er sich auch nach unten, so daß eine Fixierung nicht stattfindet, wie das z. B. bei Woodocrinus (s. Abb., S. 122, Fig. 2) und einigen anderen fossilen Arten sowie bei manchen lebenden Tiefseebewohnern der Fall ist. Einzelne Gattungen endlich haben nur in der Jugend einen Stiel, den sie im Alter verlassen, um freie Ortsbewegung anzunehmen. Der Stiel ist rund, fünfeckig, seltener elliptisch im Querschnitt, seiner ganzen Länge nach von einer engeren oder weiteren Durchbohrung, dem Nahrungskanal, durchzogen und besteht aus einer wechselnden, meist sehr großen Anzahl von Gliedern, die mit ihren eigentümlich verzierten Gelenkflächen aneinander gereiht sind. Nach dem Tode des Tieres lösen sich die einzelnen Glieder leicht voneinander, und so findet man sie vereinzelt oft in ungeheuern Massen geradezu felsbildend angehäuft (vgl. Band I, S. 609). Auf dem Stiele befindet sich der kugelige, becherförmige oder schüsselförmige Kelch, der aus mehr oder weniger regelmäßig gelagerten Kalktafeln aufgebaut ist und die wichtigsten Weichteile des Tieres umschließt. Auf der Oberseite liegen Mund und Afteröffnung; sie muß daher als die Bauchseite des Tieres bezeichnet werden. Die auf dem Stiele sitzende, dem Rücken entsprechende Unterseite ist aus mehreren konzentrischen Tafelkränzen zusammengesetzt, die sich um die Ansatzstelle des Stieles lagern; bei normaler Entwickelung besteht jeder aus einer Zahl von Stücken, die fünf beträgt oder durch fünf teilbar ist, doch kommen zahlreiche Abweichungen von dieser Regel vor. Je nach der Stellung der einzelnen Teile wird der unterste oder werden die beiden untersten dieser Kränze als Basalkränze, die darüber folgenden, in der Richtung der Arme gelegenen Tafelkränze als Radialkränze bezeichnet. Bei einfachem Bau ist nur ein basaler und ein radialer Kranz, jeder aus fünf Stücken bestehend, vorhanden, bei komplizierter Anordnung zwei basale und drei radiale Kränze mit zahlreichen supplementären Kalkstücken. Namentlich bei den Formen mit etwas verwickeltem Bau ist es nicht ganz einfach, sich auf den ersten Blick sofort über die Anordnung der großen Menge scheinbar regellos gelagerter Elemente zu orientieren und deren Gesetzmäßigkeit herauszufinden, und man bedient sich daher der graphischen Methode, indem man alle Tafeln des Kelches schematisch in eine Ebene zeichnet. Dabei dient die Basis, die Ansatzstelle des Stieles, als Mittelpunkt, um den sich die anderen Teile gruppieren, und durch ein solches Diagramm (s. Abbild., S. 64, Fig. 1) ist es nun leicht,



1) Conodonten; 2) Annelidenkiefer aus paläozoischen Ablagerungen, stark vergrößert. (Nach Hinde.) Vgl. Text, S. 72.

Digitized by Google

sich auch in den verwickeltsten Fällen zu orientieren. Die Oberseite des Kelches ist bei der Mehrzahl der lebenden und überhaupt der geologisch jüngeren Formen mit einer ganz häutigen oder nur wenige Täfelchen tragenden Decke versehen. Im Zentrum befindet sich der Mund, und von diesem verlaufen fünf Furchen, die weiterhin in die Arme eintreten und die Träger der ambulakralen Organe sind (s. die Abbildung, S. 64, Fig. 2). Bei einzelnen jüngeren und bei der großen Mehrzahl der paläozoischen Krinoiden dagegen ist die Oberseite des Kelches fest getäfelt; bei manchen, wie bei dem lebenden Hyocrinus, dem paläozoischen Coccocrinus und anderen, stehen um den Mund herum fünf große dreieckige Tafeln, die Mundstücke oder Oralia, und bei Hyocrinus gegen den Rand zahlreiche kleinere Plättchen (s. Abbildungen, S. 64, u. 100, Fig. 3 u. 4). Die häufigste Bildung bei den paläozoischen Formen ist die, daß die Kelchdecke aus zahlreichen kleinen Tafeln besteht und nur eine Öffnung, den oft an der Spitze einer hohen Röhre gelegenen After, trägt, während sich der Mund und die Ambulakralfurchen unter der äußeren Kelchdecke befinden. Über dem Kelch erheben sich die Arme, die in der unmittelbaren Fortsetzung der Radialstücke gelegen sind und mit diesen in Gelenkverbindung stehen; an Form wie an Zahl wechseln sie außerordentlich: bald trägt ein großer Kelch überaus schmächtige Arme, bald scheinen diese durch die Wucht ihrer gewaltigen Entwickelung jenen fast zu erdrücken. Sie sind mit zahlreichen bald ein-, bald zweireihig angeordneten Kalkstücken getäfelt und tragen auf ihrer Innenseite die Ambulakralfurchen sowie gegliederte kalkige Anhänge, die Pinnulae oder Fiederchen.



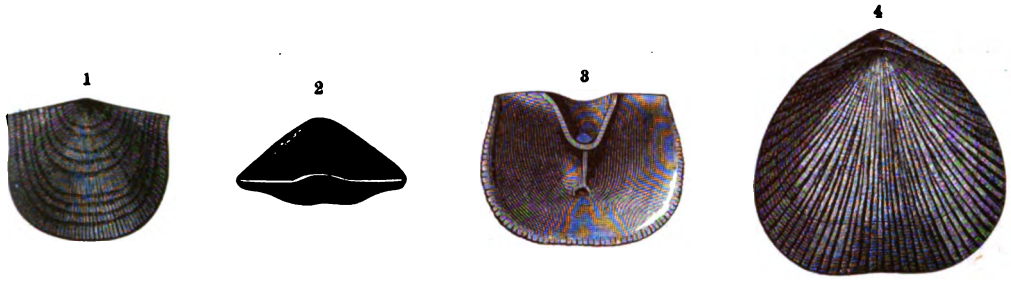
1) Tentaculites, vergrößert; 2) Tentakulitengestein; 3) Cornulites. Vgl. Text, S. 72.

Man teilt die Krinoiden in der Regel in zwei große Abteilungen, von denen die eine, die Tesselaten oder Paläokrinoiden, auf die paläozoische Periode, die andere, die Articulaten oder Neokrinoiden, auf die jüngeren Zeiträume von der Trias bis zur Jetztzeit beschränkt sein sollen. In dieser scharfen Weise ausgesprochen, ist diese Auffassung durchaus falsch; die beiden Formengruppen gehen vollständig ineinander über, und gewisse Gattungen des Kohlenkalkes stehen solchen der Trias und des Jura so nahe, daß es unrichtig wäre, sie als wesentlich voneinander verschieden zu betrachten. Wir stehen also vor einer allmählichen Entwickelung des einen Typus aus dem anderen. Dagegen ist es richtig, daß sich, im großen und ganzen genommen, die Mehrzahl der paläozoischen Formen durch gewisse Charaktere von den meisten jüngeren Typen unterscheidet; und insofern ist auch die Trennung in die zwei oben genannten Abteilungen gerechtfertigt.

Die Paläokrinoiden sind gekennzeichnet durch hohe, dünne Kelchtäfelchen, die einen ziemlich großen Körperhohlraum umschließen und miteinander in Naht-, nicht in Gelenkverbindung stehen; der Bau des Kelches ist häufig verwickelt, mit zwei Basalkränzen und zahlreichen überzähligen

Digitized by Google

Tafeln, die bei den Neokrinoiden nicht vorzukommen pflegen, und faſt immer mit einem ſogenannten Analinterradius. Die Kelchdecke zeigt feſte, kalkige Täfelung. Gewiſſe Faſerzüge, die im



Orthisina: 1) von oben, 2) von der Schloßſeite, 3) von innen; 4) Orthis. Vgl. Text, S. 73.

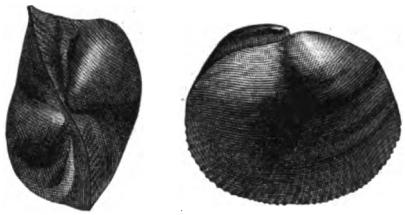
Inneren der Kelchtafeln der Neokrinoiden zu verlaufen pflegen, ſcheinen zu fehlen. Allerdings iſt unter all dieſen Merkmalen keins, das nicht bei einem oder dem anderen Paläokrinoiden fehlte oder

Orthiden in verſchiedenen Stellungen: 1—3) Strophomena rhomboidalis; 4, 5) Leptaena sericea, aus engliſchem Silur (nach Davidſon); 6) Streptorhynchus umbraculum, aus rheiniſchem Devon. Vgl. Text, S. 73.

bei vereinzelten Neokrinoiden aufträte. Aus dem unteren Silur kennen wir verhältnismäßig nicht viele Krinoiden. Namentlich in Europa ſind ſie ſehr ſpärlich, weit beſſer in Nordamerika

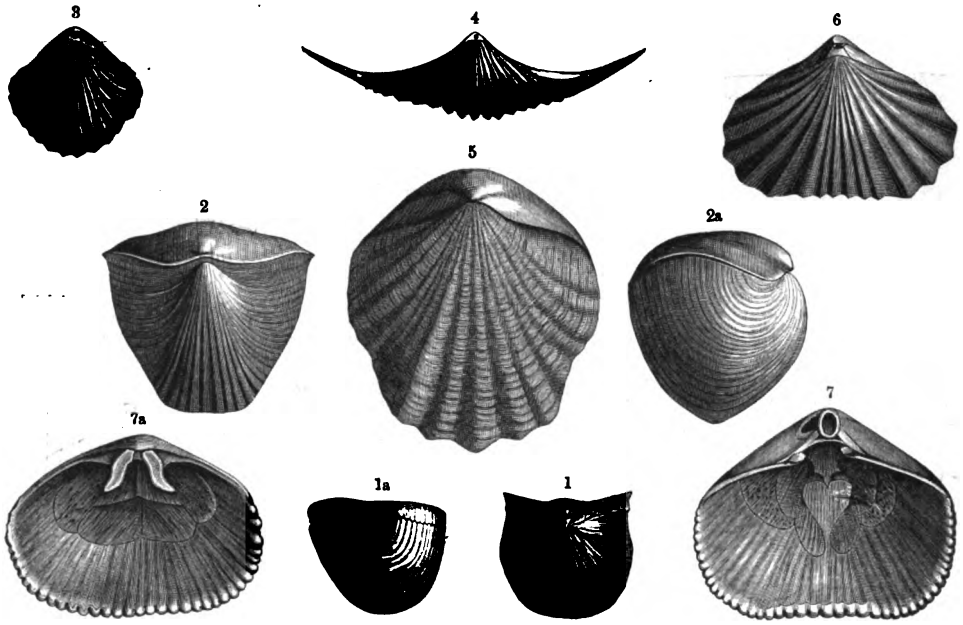
Digitized by Google

vertreten. Ganz außerordentlichen Reichtum zeigt dagegen das obere Silur, das als der Höhepunkt in der Entwickelung der Krinoiden bezeichnet werden darf. Unerreicht als Fundort silurischer Krinoiden sind die Kalke der schwedischen Insel Gotland; außerdem sind noch verschiedene Lokalitäten in England, den russischen Ostseeprovinzen und namentlich in Nordamerika zu nennen. Die Abbildungen auf S. 63, Fig. 6—11, zeigen einige Repräsentanten der silurischen Krinoiden, die Gattung Cyathocrinus, eine der verbreitetsten und artenreichsten der ganzen Klasse, ferner Crotalocrinus und Barrandocrinus, beide durch die höchst merkwürdige und abnorme Entwickelung ihrer langen Arme ausgezeichnet.



Antipleura, aus böhmischem Silur. Vgl. Text, S. 78.

Die Kenntnis der Krinoiden erlaubt uns, nun auch auf die Klasse der Cystideen einzugehen, unter denen die Paläontologie die Stammformen aller übrigen Echinodermen zu suchen hat (s. Abbildung, S. 65, unten). Im Vergleich zu den Krinoiden fallen sie in erster Linie sofort durch die schwache Entwickelung der Arme und des Stieles auf; der letztere ist bei den meisten Formen dünn, bei

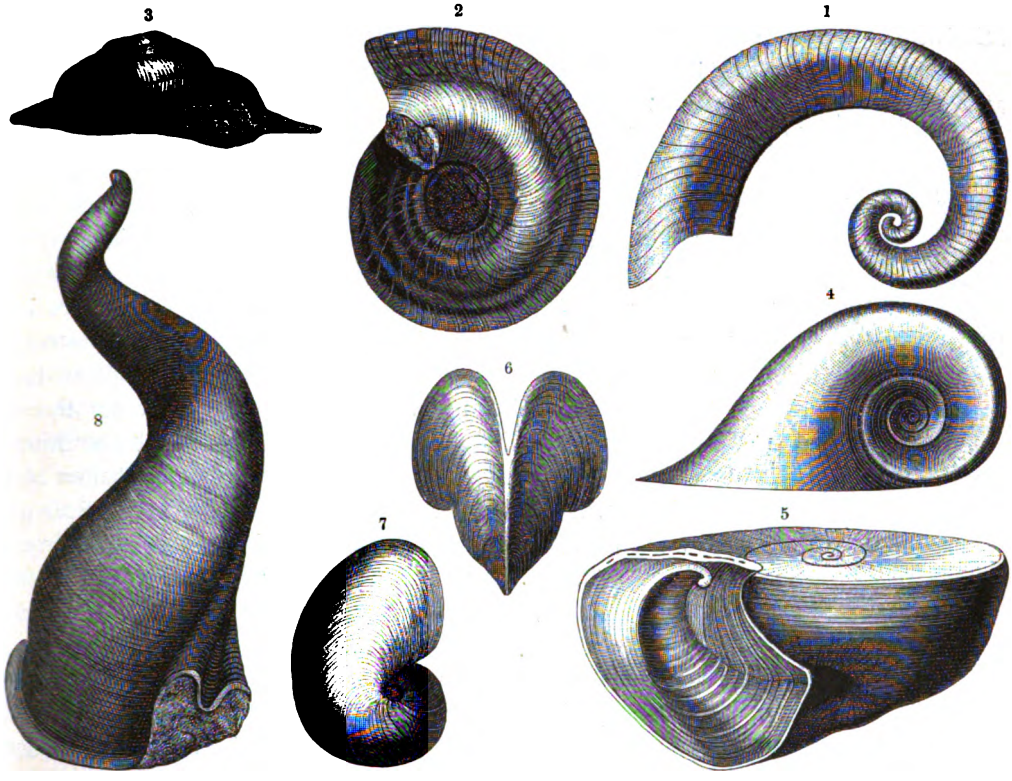


Rhynchonellen, zum Teil in verschiedenen Stellungen: 1) Rhynchonella Henrici, aus böhmischem Unterdevon; 2) Rhynchonella cuboides, aus dem Devon des Harzes; 3) Rhynchonella Vilsensis, aus oberem alpinen Jura; 4) Rhynchonella cornigera, aus der oberen Trias der Alpen; 5) Rhynchonella quinqueplicata, aus dem Lias Württembergs; 6) Rhynchonella lacunosa, aus oberem Jura Württembergs; 7) Rhynchonella dimidiata, aus der oberen Kreide Sachsens. Vgl. Text, S. 74.

anderen fehlt er ganz, bei einzelnen ist direkt die ganze Unterseite auf einem fremden Körper aufgewachsen und die ganze Gestalt dadurch zu einer flachen Scheibe umgewandelt, wie bei Agelacrinus (s. Abbildung, S. 65, oben). Bei mehreren Gattungen sind an Stelle der Arme nur ambulakrale Furchen vorhanden oder Doppelreihen von Tafeln, die abweichend von den übrigen gebildet sind und Poren für die Ambulakralfüßchen zeigen. Die Oberseite des Kelches ist stets getäfelt, die Flanken und die Unterseite sind entweder aus zahlreichen, unregelmäßigen Täfelchen zusammengesetzt, oder wo Kränze von wenigen Tafeln vorhanden sind, fehlt die fünfzählige

Digitized by Google

Anordnung. Der Mund liegt auf der Oberſeite, weiter abwärts liegt der After, mit einem eignen Verſchlußapparat in Form einer aus mehreren Stücken beſtehenden Pyramide, des wichtigſten, allen Gattungen ohne Ausnahme gemeinſamen Merkmals. Ein beſonderes, zwar nicht allen Cyſtideen gemeinſames, aber nur bei ihnen vorkommendes Kennzeichen ſind endlich eigentümlich geſtellte Poren in den Kelchtafeln, die entweder zu Paaren vereinigt ſind, oder ſich zu rautenförmigen Gruppen in der Weiſe anordnen, daß jede Raute zwei Kelchtafeln gemeinſam zukommt (ſ. Fig. 1, 2 der Abbildung von S. 66, oben).



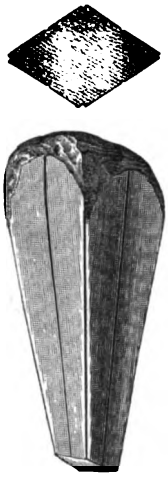
Siluriſche Schnecken: 1) Eccyliopterus alatus, aus einem unterſiluriſchen Diluvialgeſchiebe; 2, 3) Euomphalopterus alatus, aus dem Oberſilur von Gotland; 4) Salpingostoma megastoma, aus einem unterſiluriſchen Diluvialgeſchiebe; 5) Maclurea Logani, mit Deckel, ebendaher; 6, 7) Bellerophon cultrijugatus, ebendaher; 8) Acroculia anguis, aus böhmiſchem Oberſilur. (Nach F. Römer.) Vgl. Text, S. 79.

Was die Cyſtideen für den Paläontologen beſonders intereſſant macht, iſt das Vorhandenſein von Übergangsgliedern, die ſie mit allen anderen, foſſil überhaupt näher bekannten Abteilungen der Echinodermen verbinden. Zu den Krinoiden leiten uns ſolche Formen, bei denen nur wenige Kränze großer Tafeln vorhanden ſind; hier tritt eine Annäherung an die Fünfzahl hervor, die Afterpyramide verſchwindet, und endlich finden wir in Porocrinus einen Typus, der in allen Merkmalen entſchiedenen Krinoidencharakter zeigt, bis auf das Vorhandenſein der bezeichnenden Porenrauten der Cyſtideen (ſ. Abbildung, S. 66, unten, Fig. 4). In ähnlicher Weiſe ſteht die oben genannte Gattung Agelacrinus mit den Seeſternen in Beziehung, Typen wie Mesites, mit vielen unregelmäßigen Tafeln und fünf gleichmäßig vom Scheitel ausſtrahlenden Ambulakralreihen, ſchließen ſich an die Seeigel an, während ſich in ähnlicher Weiſe die ausgeſtorbene Gruppe der Blaſtoiden an die Gattungen Codonaster und Cystoblastus anlehnt. Können ſich die Cyſtideen des Silurs mit den Krinoiden an Zahl der Gattungen und Arten und an Menge des

Digitized by Google

Vorkommens durchaus nicht messen, so bilden sie doch einen sehr bezeichnenden Teil der Bevölkerung; sie sind, gleich den Graptolithen, Charaktertiere des Silurs. Viel spärlicher sind die übrigen Abteilungen der Echinodermen vertreten: die kleine Gruppe der Blastoiden, die in der Kohlenformation den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreicht, ist in einer vereinzelten Art im Obersilur Nordamerikas gefunden worden; einige Seeigel (s. die obere Abbildung, S. 66, Fig. 3 und 4) der seltsamen Botriocidaris haben die baltischen Provinzen Rußlands und Englands geliefert. Etwas reichhaltiger endlich ist die Seesternfauna. Sie ist dadurch merkwürdig, daß die Abteilungen der Schlangensterne (Ophiuren) und der eigentlichen Seesterne (Asterien) hier schon vollständig differenziert erscheinen (s. Abbildung, S. 66, unten, Fig. 1—3).

So reich und interessant die Echinodermenfauna des Silurs ist, so wenig ist über den nächsten der großen Haupttypen, über die Würmer, zu berichten. Undeutliche Spuren, wie wir sie als in den kambrischen Ablagerungen vorkommend erwähnt haben, finden sich auch hier; dazu gesellen sich als sicher deutbare Reste die mikroskopischen, festen Kiefer von Gliederwürmern oder Anneliden (s. Abbildung, S. 67, Fig. 2). In großer Zahl sind derartige Kiefer in den russischen Glaukonitsanden an der Basis des Untersilurs eingeschlossen. Pander entdeckte diese kleinen, zuerst für Fischzähnchen gehaltenen Gebilde und beschrieb sie unter dem Namen der Conodonten (s. Abbildung, S. 67, Fig. 1). Mikroskopische Untersuchungen der Struktur dieser Reste ließen aber erkennen, daß die Conodonten denselben konzentrisch-schaligen Bau haben wie die Annelidenkiefer und daher um so sicherer zu diesen zu rechnen sind, als auch ihre äußere Form an die der Anneliden- und Gephyreenkiefer erinnert. Neben den Conodonten enthalten aber die Glaukonitsande, wie Rohon und v. Zittel auf mikroskopischem Wege gezeigt haben, auch echte Fischzähne, die aus Dentin mit einem Schmelzüberzug bestehen. Manche Gliederwürmer bewohnen kalkige Röhren, die auf irgend welchen fremden Körpern, Muschelschalen, Steinen ꝛc., festgewachsen zu sein pflegen. Davon finden sich in silurischen Ablagerungen namentlich kleine, regelmäßig aufgerollte Röhren, die man als Spirorbis bezeichnet, ferner wenig gekrümmte, mit kräftigen Querrippen versehene Schalen, für die man die Gattungen Ortonia und Cornulites aufgestellt hat. — Vermutlich wird sich hier am besten eine kleine Gruppe von Formen anschließen, die schon im oberen Silur erscheinen und sich dann namentlich ins Devon fortsetzen. Es sind das die Tentakuliten (s. Abbildung, S. 68), gerade gestreckte, an einem Ende spitz zulaufende Röhren, die, gleich Ortonia, mit auffallenden Querringen verziert sind und überhaupt dieser Gattung so sehr ähneln, daß man eine nahe Beziehung zwischen beiden annehmen darf. Wahrscheinlich waren also die Tentakuliten und ihre Verwandten, die glatten Styliola-Arten der paläozoischen Zeit, Anneliden mit freiem Gehäuse. Zu Millionen bedecken stellenweise die Schälchen dieser Tiere die Schichtflächen kalkiger und schieferiger Gesteine und geben für den Geologen wichtige Leitfossile ab.



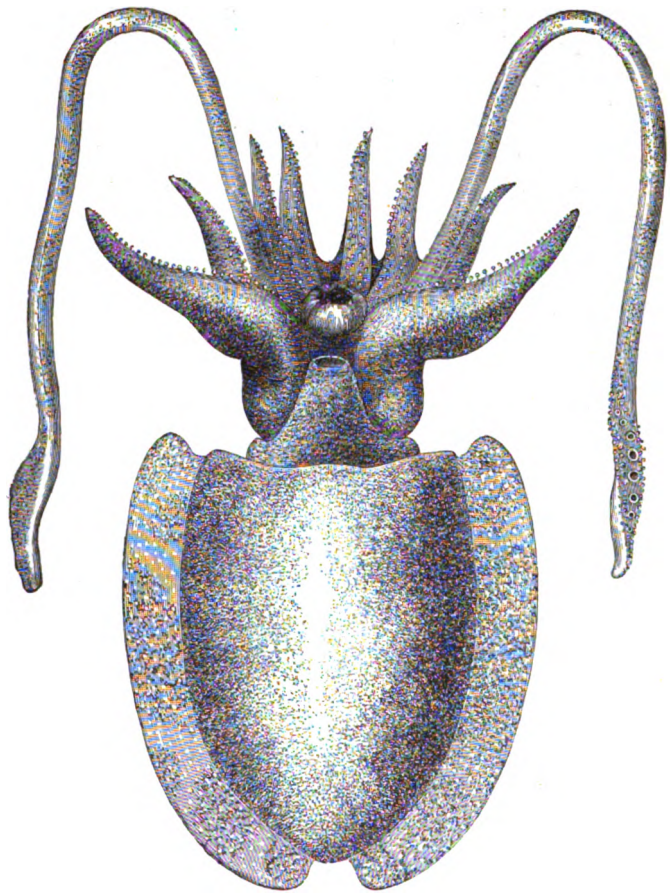
Conularia.
Vgl. Text, S. 79.

Die nächstfolgende Gruppe, die Bryozoen oder Moostierchen (Mooskorallen), bilden aus zahlreichen Einzelindividuen zusammengesetzte Kolonien, die in ihrer ganzen Erscheinung an die Korallenstöcke erinnern, allerdings mit dem Unterschiede, daß die Moostierchen bedeutend kleiner sind. Trotzdem aber zeigen diese winzigen Geschöpfe eine viel höhere Organisation: sie haben einen gesonderten Darm mit After und ein wohl entwickeltes Nervensystem. Die kalkigen Gerüste der Bryozoen kann man in zwei Formengruppen scheiden, von denen die der Cyklostomen röhrenförmige, an der Mündung nicht verengte Zellen zeigt, während bei den Chilostomen die Mündung seitlich gelegen und enger ist als der Querschnitt der Zelle. Die sämtlichen Bryozoen

Digitized by Google

der paläozoischen Zeit werden mit Ausnahme von vereinzelten Zwischenformen zu den Cyklostomen gerechnet und gehören der großen Mehrzahl nach vollständig ausgestorbenen Familien an.

Wichtiger in geologischer Beziehung sind die Brachiopoden, deren allgemeine Organisation schon bei Besprechung der kambrischen Fauna geschildert wurde; waren in diesen ältesten Ablagerungen die Formen mit horniger Schale stark im Übergewicht, so herrschen vom Silur an die kalkschaligen Typen vor und treten in großer Formenmannigfaltigkeit auf. Schon im Silur erreichen die Brachiopoden den Höhepunkt ihrer Entfaltung, dem selbst der immerhin noch überaus große Formenreichtum der Devon- und der Kohlenformation nicht gleichkommt, während in allen späteren Formationen ein entschiedener und stetiger Rückgang stattfindet. Im ganzen sind aus paläozoischen Ablagerungen mehr als 4000 verschiedene Arten von Brachiopoden bekannt, von denen etwa zwei Fünftel dem Silur angehören, und gerade unter den Angehörigen dieser Klasse finden sich manche der wichtigsten und bezeichnendsten Leitversteinerungen. Abgesehen von dem Vorhandensein kalkiger und horniger Schale, liefert die Art und Weise, wie die beiden Klappen miteinander artikulieren, wichtige Merkmale für die Einteilung der Brachiopoden. Bei den einen, den Testicardines, stehen die Schalen durch Zähne in Verbindung, die ineinander greifen und eine Scharnierverbindung, ein Schloß, bilden. Auf der anderen Seite stehen die Ecardines oder Schloßlosen, bei denen die Bewegung der Schalen gegeneinander lediglich durch die Muskulatur geregelt wird: alle Hornschaler nebst einer geringen Minderzahl der Kalkschaler.



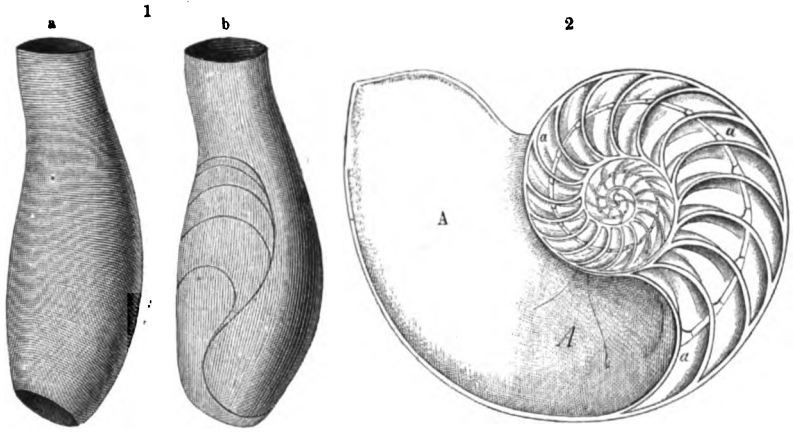
Gemeiner Tintenfisch (Sepia officinalis), als Typus eines nackten Cephalopoden. Vgl. Text, S. 80.

Im Silur und in allen späteren Formationen sind namentlich die Testicardines, die Schloßträger, von größter geologischer Bedeutung. Sie zerfallen in zwei Gruppen, von denen die eine im Inneren feste verkalkte Stützen für die aufgerollten Arme (Pegmatobranchia) hat, während der anderen solche Stützen fehlen (Eleutherobranchia). Von jener tritt schon im Silur die Familie der Orthiden mit den Gattungen Orthis, Orthisina, Streptorhynchus, Strophomena und Leptaena in bedeutender Formenmannigfaltigkeit hervor (s. Abbildungen, S. 69). Auch die zweite Familie der Eleutherobranchier, die Produktiden, die durch das Auftreten von röhrenförmigen

Digitized by Google

Stacheln auf der Außenseite des Gehäuses und durch rudimentäre Andeutung eines Armgerüstes („Brachialleisten", nierenförmige Eindrücke) ausgezeichnet sind, überschreiten die obere Grenze der paläozoischen Ablagerungen kaum; aber sie sind im großen und ganzen doch bedeutend jünger als die Orthiden, die ganz auf die paläozoische Zeit beschränkt sind. Sie haben ihre Hauptblüte in der Kohlenformation und im Perm, im Silur sind sie nur durch die Gattung Chonetes vertreten, die den Orthiden noch nahesteht.

Unter den Formen mit Armgerüst, den Pegmatobranchiern, treten uns zunächst die Rhynchonelliden entgegen, bei denen vom Schloßrande aus zwei kalkige Lamellen vorspringen. Sie finden wenigstens ihre Hauptentwickelung in der paläozoischen Zeit: die Gattungen Pentamerus und Camarophoria treten nur hier auf, während Rhynchonella selbst zu jenen merkwürdigen Typen gehört, die sich mit geringer Veränderung vom Silur bis auf den heutigen Tag erhalten haben (s. Abbildung, S. 70, unten). Auch die durch das Vorhandensein spiralig aufgerollter kalkiger Armstützen ausgezeichnete Familie der Spiriferiden, zeigt ihre Hauptentfaltung in den paläozoischen Ablagerungen mit einer großen Zahl von Gattungen, wie Spirifer, Spirigera, Atrypa, Retzia, Merista (siehe die beigeheftete Tafel „Typen der Spiriferiden"); nur wenige davon dauern in die mesozoische Zeit hinein, wo die letzten im unteren Teile der Juraformation, dem Lias, aussterben.

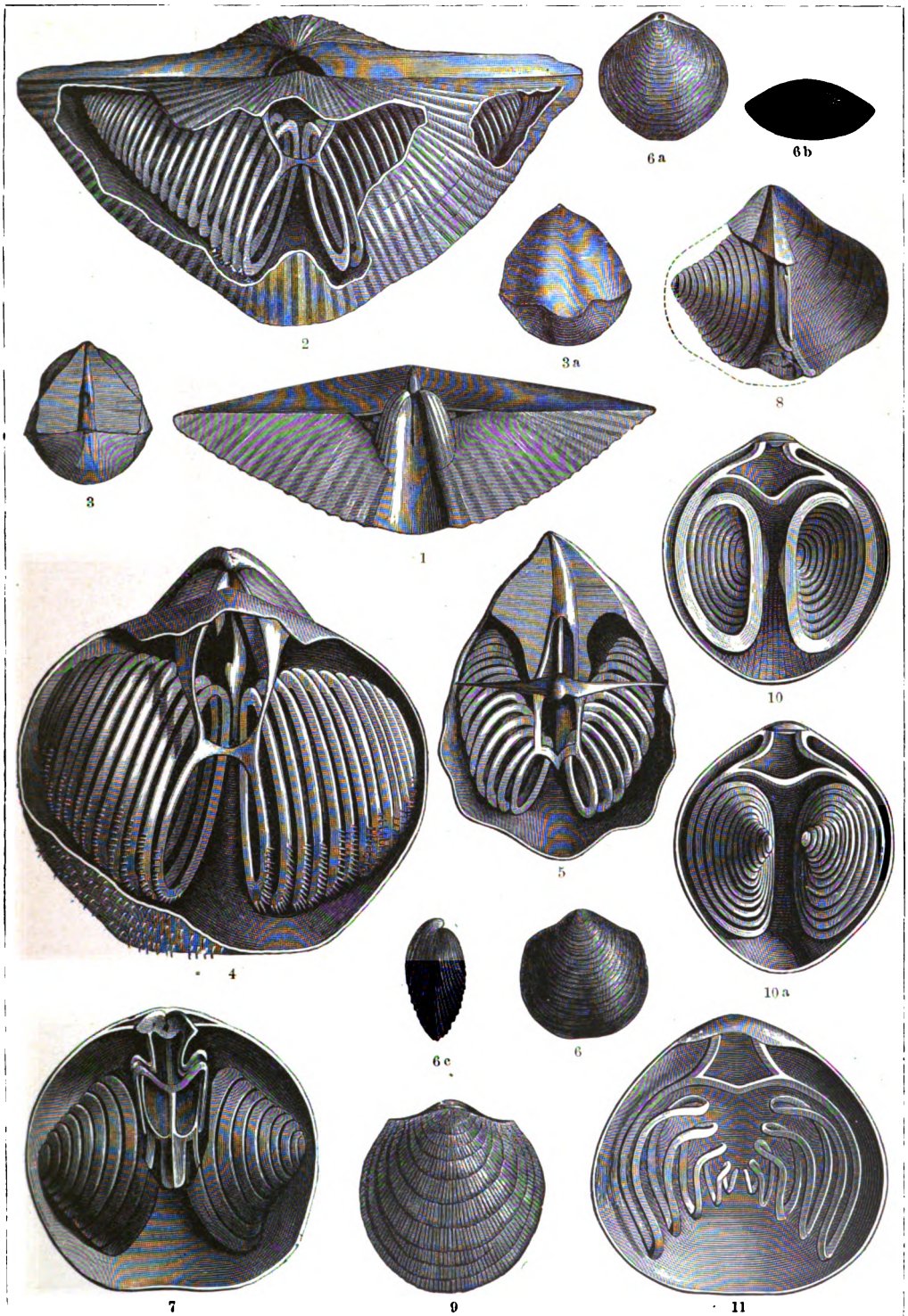


1) Ascoceras, aus böhmischem Obersilur: a) Schalenexemplar, b) Steinkern (nach Barrande); 2) Durchschnitt der Schale von Nautilus pompilius: A) Wohnkammer, a) Luftkammern. ½ natürl. Größe. Vgl. Text, S. 81.

Ganz umgekehrt ist das Verhältnis bei der letzten Abteilung der Pegmatobranchier, bei den durch ein schleifenförmiges Armgerüst charakterisierten Terebratuliden. Sie sind unter allen Brachiopoden die einzige Abteilung, die, bei ihrem Auftreten in den silurischen Ablagerungen und in der ganzen paläozoischen Zeit nur schwach vertreten, erst in späteren Perioden den Höhepunkt erreicht und noch heute in einer bedeutenden Anzahl verschiedener Gattungen und Arten vorhanden ist: Terebratula, Waldheimia, Terebratulina, Megerlea, Terebratella, Thecidium, Argiope und andere finden sich in unseren Meeren, stellenweise in großer Menge, wenn sie auch in den Sammlungen als vorwiegend die tieferen Regionen bewohnende Tiere verhältnismäßig selten sind. Trotz dieser noch lebenskräftigen Entfaltung der einen Familie sind doch der Hauptsache nach die Brachiopoden ein von uralter Zeit bis auf den heutigen Tag in stetem Rückgange begriffener Stamm, der uns schon im Silur in so reichgegliederter Mannigfaltigkeit entgegentritt, daß wir ihm ein weites Zurückgreifen in vorkambrische Zeit zuschreiben müssen.

Weitaus den wichtigsten Zweig des Tierreiches vom geologischen Standpunkt aus bilden die Weichtiere oder Mollusken, deren Schalen unter allen Versteinerungen am häufigsten vorkommen. Allerdings sind nicht alle Abteilungen für alle Formationen von gleicher Bedeutung. In der paläozoischen Zeit, von Beginn des Silurs, liefern namentlich die Cephalopoden oder

Digitized by Google



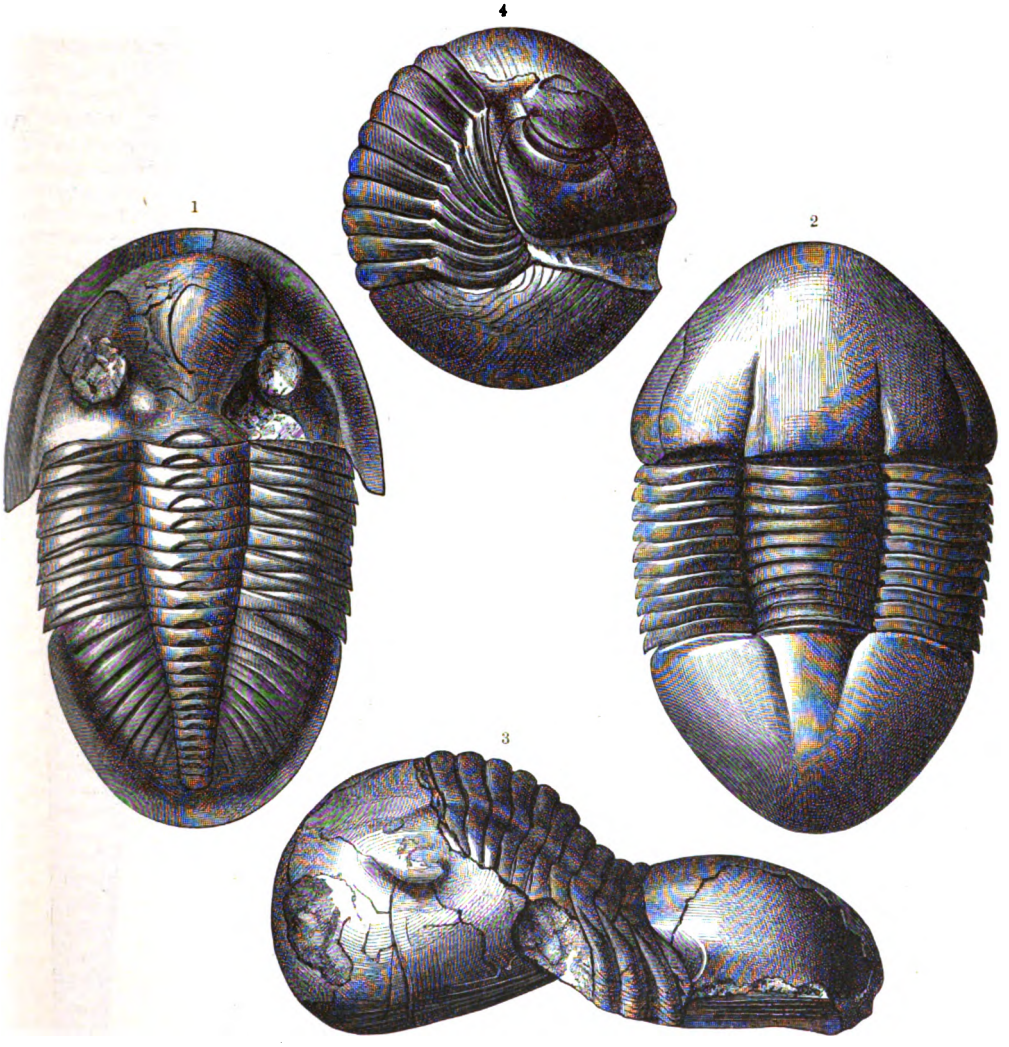
Typen der Spiriferiden (zum Teil in verschiedenen Stellungen).

1) Spirifer speciosus, aus rheinischem Devon. 2) Spirifer striatus, aus englischem Kohlenkalk. (Nach Davidson.) 3) Cyrtia exporrecta, aus gotländischem Obersilur. 4) Spiriferina rostrata, aus englischem Lias. (Nach Davidson.) 5) Cyrtia heteroclita, aus englischem Devon. (Nach Davidson.) 6) Spirigera concentrica, aus rheinischem Devon. 7) Dieselbe, aus englischem Devon. (Nach Davidson.) 8) Merista herculea, aus böhmischem Unterdevon. (Nach Sueß.) 9) Atrypa reticularis, aus rheinischem Devon. 10) Dieselbe, aus englischem Obersilur. 11) Glassia obovata, aus englischem Obersilur. (10 u. 11 nach Davidson.)

Digitized by Google

Digitized by Google

Kopffüßer eine große Menge von Leitfossilen, während die beiden anderen großen Klassen der Mollusken, die Muscheln und die Schnecken (Gastropoden), zwar auch in großer Zahl vorhanden, aber doch von verhältnismäßig geringer Bedeutung sind. In diesen alten Ablagerungen können nur noch die Brachiopoden und in den frühesten davon die Trilobiten mit den Kopffüßern rivalisieren. Anders verhält es sich in den mesozoischen Formationen: hier überragen die Cephalo-



Trilobiten: 1) Asaphus peltastes, aus englischem Untersilur; 2) Illaenus Katzeri, aus böhmischem Untersilur; 3) Illaenus Murchisoni, aus englischem Untersilur; 4) Illaenus insignis, aus englischem Obersilur. (Nach Salter und Barrande.) Vgl. Text, S. 84.

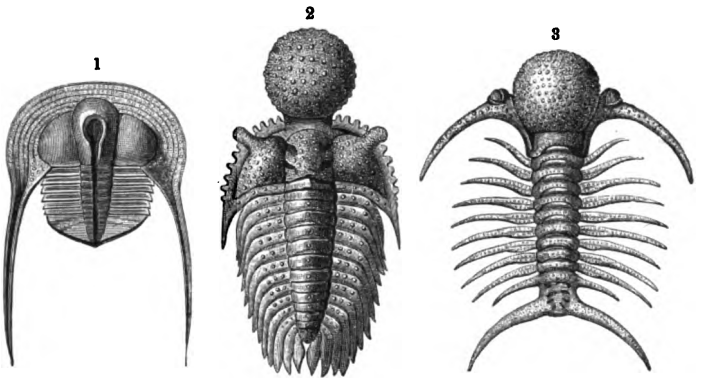
poden alle anderen Abteilungen des Tierreiches an geologischer Bedeutung so vollständig, daß keine ihnen auch nur entfernt verglichen werden kann, wenn auch Muscheln und Schnecken mehr und mehr an Wichtigkeit zunehmen. In den Tertiärbildungen endlich sind es fast allein die Muscheln und Schnecken, die den Geologen bei der Altersbestimmung und dem Vergleich weit voneinander entfernter Gegenden leiten. Die Ursachen dieser Verhältnisse sind mannigfacher Art. Die große Bedeutung der Cephalopoden in mesozoischen und paläozoischen Ablagerungen hat ihren Grund zunächst in ihrer großen Häufigkeit und in dem Vorhandensein einer Menge gut

Digitized by Google

Silurische Nautiliden: 1) Orthoceras Neptuneum, mit abgebrochener Spitze, aus böhmischem Obersilur, 1a) Durchschnitt durch dasselbe; 2) Orthoceras truncatum, aus böhmischem Obersilur, die ältern Kammern sind vom Tier abgestoßen und das abgebrochene Ende mit einer massiven Kalkkappe verklebt, 2a) Kalkkappe von unten, 2b) von der Seite, (1 und 2 nach Barrande); 3) Endoceras longissimum, aus Untersilur, Durchschnitt, der Sipho durch tutenförmig ineinander steckende Kalkabscheidungen ausgefüllt, 3a) Querschnitt (nach Barrande); 4) Endoceras duplex, aus nordischem Untersilur, die Schale ist unten abgebrochen, der Sipho ragt ein Stück weit über dieselbe heraus, 4a) Querschnitt (nach Quenstedt); 5) Lituites lituus, aus nordischem Untersilur (nach Nötling). Vgl. Text, S. 82.

Digitized by Google

faßbarer Merkmale an ihren Schalen, wodurch die Bestimmung sehr erleichtert wird. Dazu kommt, daß die einzelnen Arten meist nur auf einen oder zwei Horizonte beschränkt sind, zugleich eine große geographische Verbreitung haben und daher gerade für die Wiedererkennung eines und desselben Horizontes in weit voneinander entfernten Gegenden hervorragend geeignet sind. Mit Beginn der Tertiärformation werden die schalentragenden Cephalopoden sehr selten, und damit ist natürlich auch ihre Rolle als Leitfossile so gut wie erloschen. Bei Muscheln und Schnecken ist ihre große Bedeutung im Tertiär lediglich in einer Häufigkeit begründet, die nur von mikroskopischen Organismen übertroffen wird. Daß sie in den älteren Formationen, je weiter man zurückgeht, immer mehr an Wichtigkeit verlieren, ist durchaus nicht etwa durch starke Abnahme der Artenzahl und ihre Seltenheit begründet; sie kommen auch in alten Ablagerungen in großer Zahl vor. Allein die einzelnen Formen haben in der Regel verhältnismäßig geringe geographische Verbreitung, sie bieten weniger charakteristische Gestalt als die Cephalopoden. Namentlich sind gerade die Teile der Schalen, die für eine sichere Bestimmung wichtig sind: das Schloß der Muscheln und die Mündung der Schnecken, in den harten Gesteinen der alten Formationen so selten erhalten, daß wesentliche Unsicherheit entsteht. Endlich haben die Paläontologen gerade das Studium der geologisch alten Vertreter dieser beiden Molluskenklassen ziemlich stark vernachlässigt, und infolgedessen fehlen vielfach die litterarischen Behelfe zu ihrer Bestimmung. Wir sehen daraus, von was für verschiedenen, teilweise oft rein zufälligen Ursachen die geologische Bedeutung der einzelnen Tiergruppen abhängt, und wie viele Daten für die Geologie noch aus der Erweiterung des paläontologischen Wissens zu erwarten sind.



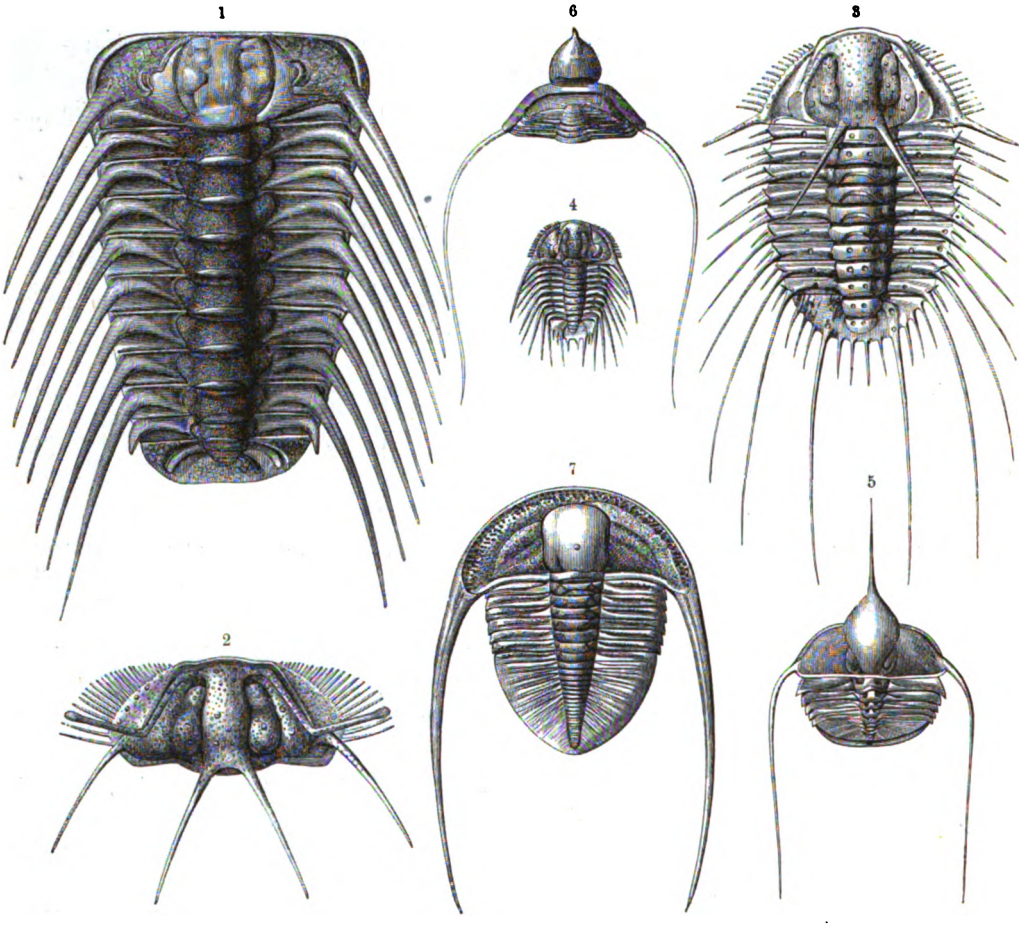
1) Trinucleus Goldfussi, aus böhmischem Unterfilur, die Rinne in der Mitte entspricht dem Darmkanal (nach Barrande); 2) Staurocephalus Murchisoni, aus englischem Oberfilur; 3) Deiphon Forbesi, aus böhmischem Oberfilur. Vgl. Text, S. 84.

Die zweiklappigen Muscheln (auch Bivalven, Acephalen, Elatobranchier, Lamellibranchier oder Pelecypoden genannt), die niedrigst organisierte Abteilung der Mollusken, gehören zu jenen Tierformen, mit denen der Mensch im täglichen Leben so viel in Berührung kommt, daß wohl jeder mit ihrer äußeren Erscheinung vertraut ist. Zwei in der Regel durch ineinander greifende Zähne, das Schloß, artikulierende Schalen umschließen die Weichteile dieser Tiere, die ausschließlich im Wasser, der Mehrzahl nach im Meere leben. Das Aufklappen der Schale wird durch eine elastische Bandmasse in der Nähe des Schlosses bewirkt. Sie ist schwarz oder braun, ihre Lage ist auch bei fossilen Formen meist kenntlich und liefert wichtige Merkmale für die Unterscheidung. Will das Tier die Klappen schließen, so geschieht dies durch Zusammenziehen des einen oder der zwei Schließmuskeln im Inneren, deren Ansatzstellen an der Innenseite der Schalen bei den meisten und wenigstens bei allen etwas dickschaligeren Muscheln sichtbar zu sein pflegen. Die Weichteile werden innerhalb der Schale von einer ebenfalls zweiklappigen Hautduplikatur, dem Mantel, umschlossen, der bei Lebzeiten des Tieres die kalkigen Schalen ausscheidet und sich an deren Innenseite aufs innigste anschließt, weil er an dieser durch eine langgestreckte Reihe von Muskelfasern befestigt ist. Deren Ansatz erzeugt in der Regel eine deutliche vertiefte Linie im

Digitized by Google

Schaleninneren, Mantellinie oder Manteleindruck genannt, die dem unteren, dem Schlosse gegenüberliegenden Rande parallel läuft; bei Muscheln mit langen, aus der Schale vorstreckbaren Atemröhren zeigt dieser Manteleindruck nach rückwärts eine Einbuchtung, die Mantelbucht.

Im Silur bildet den verbreitetsten Typus eine große Anzahl von äußerst dünnschaligen Muscheln ohne Schloßzähne und ohne deutlich sichtbare Muskeleindrücke und Mantellinie, Formen, von denen wir nur sagen können, daß sie eine selbständige, fast ganz auf die paläozoische Zeit begrenzte Gruppe bilden, für die der Name der Palaeoconchae (der „alten Muscheln") vorge-



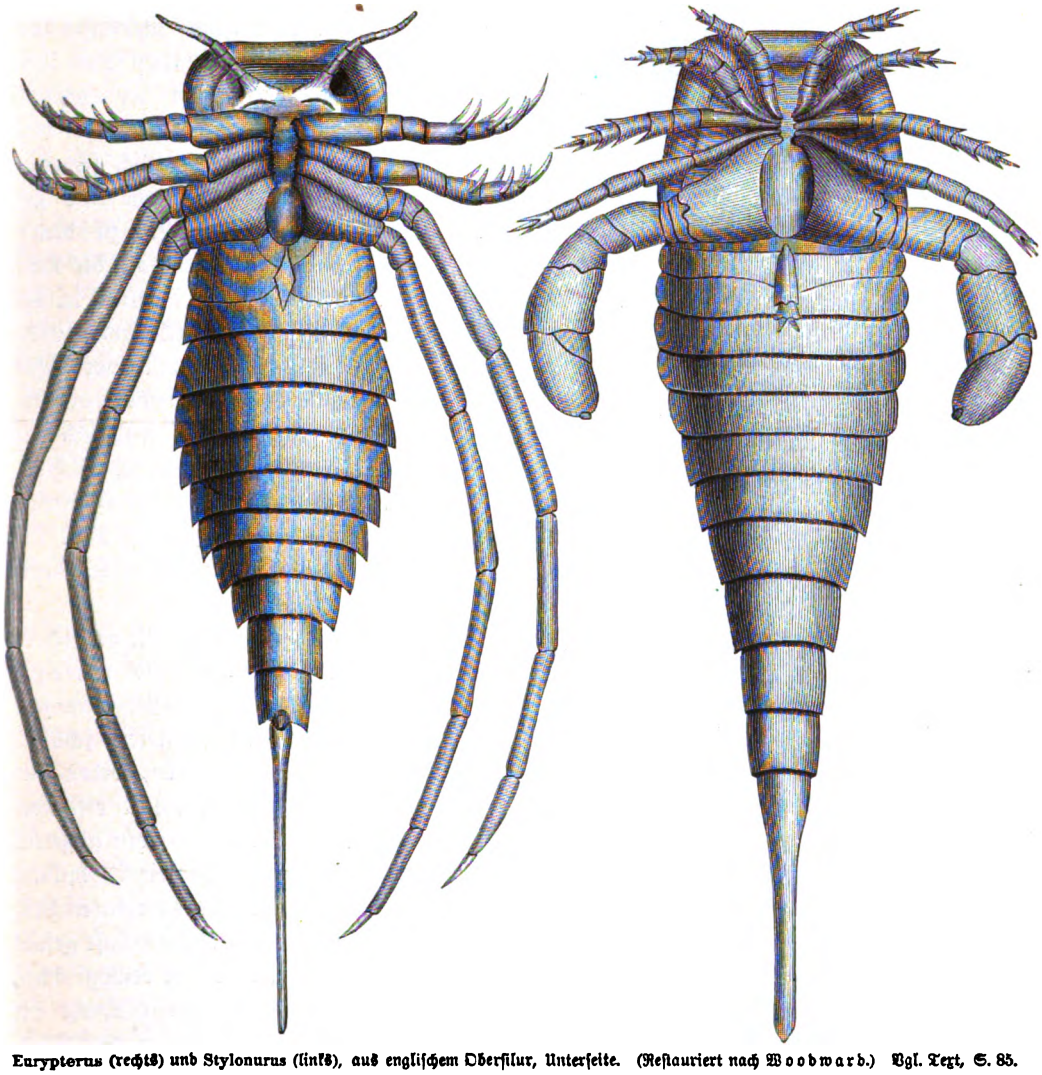
Trilobiten aus böhmischem Silur: 1) Acidaspis Buchi; 2) Kopf von Acidaspis mira; 3) Acidaspis Dufrenoyi; 4) Acidaspis Roemeri; 5) Ampyx Rusulti; 6) Ampyx tenellus, eingerollt; 7) Dionide formosa. (Nach Barrande.) Vgl. Text, S. 84.

schlagen worden ist. (S. die Abbildung von Antipleura, S. 70, oben.) Außerdem treten zahlreiche Formen mit einem großen und einem bedeutend kleineren Schließmuskel und wenig oder gar nicht entwickelten Schloßzähnen auf, den Gattungen Avicula, Pterinea, Aviculopecten, Myalina ꝛc. angehörig. Von den Muscheln mit zwei gleichgroßen Schließmuskeln finden sich namentlich Formen aus der Ordnung der Taxodonten, bei denen die Schloßzähne zahlreich in einer langgestreckten Reihe stehen. Arca, Cucullaea, Nucula, Leda sind solche Formen, und unter ihnen finden wir ebenso wie unter den Typen mit zwei ungleichen Schließmuskeln eine Anzahl von Gattungen, die sich ohne nennenswerte Änderung vom Silur bis heute erhalten haben.

Digitized by Google

Im allgemeinen haben die silurischen Muscheln trotz ihrer enormen Artenzahl für den Geologen keine große Bedeutung; wohl sind einzelne Arten, wie Cardiola interrupta, bezeichnende Leitformen, aber die große Mehrzahl ist von geringer Wichtigkeit.

Kaum besser steht es mit den Schnecken des Silurs. Vor allem treten unter ihnen die mit einem Schlitz an der Mündung der Schale versehenen Pleurotomariden und Bellerophontiden



Eurypterus (rechts) und Stylonurus (links), aus englischem Obersilur, Unterseite. (Restauriert nach Woodward.) Vgl. Text, S. 85.

mit den Gattungen Raphistoma, Pleurotomaria, Murchisonia, Porcellia, Bellerophon (s. Abbildung, S. 71) hervor, ferner die an Raphistoma sich anschließenden Euomphalus sowie einige Typen, die von jetzt lebenden Gattungen, wie Turbo und Natica, kaum wesentlich verschieden scheinen. Eine besonders charakteristische Erscheinung bilden die hohen, becherförmigen, sehr dünnschaligen Mützenschnecken oder Kapuliden, die weit zahlreichere und stattlichere Vertreter aufzuweisen haben als in den späteren Formationen. — Mit großer Wahrscheinlichkeit muß den Schnecken auch die vollständig ausgestorbene Abteilung der Conulariden mit den Gattungen Conularia (s. Abbildung, S. 72), Hyolithes ꝛc. zugeschrieben werden, Formen mit hornigen

Digitized by Google

oder kalkigen, pyramidalen Schalen, die an ihrer Spitze bisweilen eine Kammerung und an der Mündung einen Deckel haben. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Conulariden eine durchaus selbständige, ausgestorbene Tiergruppe bilden, die weder mit den Tentakuliten noch mit den Pteropoden irgend etwas zu thun hat; über ihre Organisation sind wir nicht näher unterrichtet, doch ist es kaum zweifelhaft, daß sie zu den Mollusken gehören und sich hier den Schnecken am engsten anschließen.

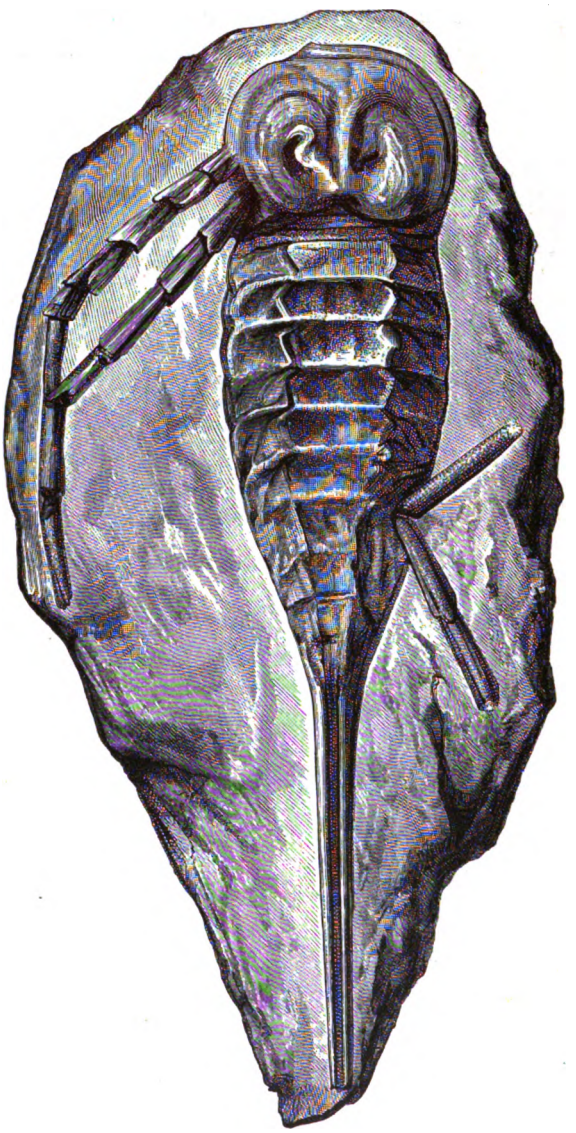
Eurypterus Fischeri, aus baltischem Oberssilur. Etwa 1/5 der natürlichen Größe. (Nach Niedzkowsky.) Vgl. Text, S. 85.

Die letzte große Abteilung der Mollusken, die Cephalopoden oder Kopffüßer, sind in der Jetztzeit durch eine unbedeutende Zahl von Formen vertreten, sämtlich schwimmende, äußerst räuberische und gefräßige Meeresbewohner, zu denen die sogenannten Tintenfische, die Kraken (Octopus), der Nautilus ꝛc. gehören. Von allen jetzt lebenden Gattungen sind nur zwei mit einer äußeren Schale versehen, nämlich Nautilus und Argonauta, während die große Mehrzahl nackt ist (s. Abbild., S. 73) und höchstens innere Hartteile, einen sogenannten Schulp oder ein vom Mantel umschlossenes Schalenrudiment, besitzt.

Ganz anders verhält es sich in den paläozoischen und mesozoischen Formationen. Hier wimmeln alle Meere von zahllosen schalentragenden Cephalopoden, deren Gehäuse im Inneren durch Querscheidewände in einzelne Kammern abgeteilt waren. Nur die letzte, die Wohnkammer, diente dem Tiere zum Aufenthalt, während alle anderen mit Luft gefüllt waren und es dem Tier ermöglichten, unbehindert von dem Gewicht der kalkigen Schale leicht an der Oberfläche des Wassers zu schwimmen. Glücklicherweise ist in der Jetztzeit noch ein typischer Vertreter dieser Formen in der bekannten Gattung Nautilus als ein wahres lebendes Fossil erhalten, dessen Studium uns den Schlüssel zum Verständnis jener Legion untergegangener Lebewesen gibt. Bei allen Cephalopoden ist der Leib von einem sackförmigen Hautgebilde, dem Mantel, umgeben, aus dessen oberem Ende der sehr deutlich abgesetzte Kopf mit hoch entwickelten Augen, mit dem Munde und einem diesen umgebenden Kranze von 8—10 großen Fangarmen oder sehr zahlreichen kurzen Tentakeln hervorragt. Nautilus weicht nicht nur durch seine Schale, sondern auch durch eine Reihe anderer Merkmale von den übrigen Cephalopoden ab, namentlich durch das Vorhandensein von vier

Digitized by Google

ſtatt zwei Kiemen und durch den Beſitz zahlreicher kurzer Tentakeln ſtatt der großen Fangarme, und man hat daher für die eine lebende Gattung eine beſondere Unterordnung der Tetrabranchiaten oder Vierkiemer aufgeſtellt. Die Schale des Nautilus iſt ſpiralig in einer Ebene aufgerollt und zeigt innerlich ausgezeichneten Perlmutterglanz, während ſie äußerlich matt porzellanartig erſcheint, weiß mit rotbraunen Flammenſtreifen; die Kammerſcheidewände ſind aus Perlmutterſubſtanz gebildet, gegen die Mündung zu konkav; vom Hinterende des Tieres reicht ein dünner häutiger Strang, der ein Blutgefäß umfaßt, der ſogenannte Sipho, durch alle Luftkammern hindurch; jede Scheidewand zeigt für deſſen Durchtritt nahe ihrem Zentrum ein kleines, rundes Loch, an dem ſich eine nach hinten gerichtete Ausſtülpung der Scheidewand, die ſogenannte Siphonaltute, befindet (ſ. Abbildung, S. 74, Fig. 2).



Stylonurus Powriel, aus ſchottiſchem Devon. (Nach Woodward.) Vgl. Text, S. 85.

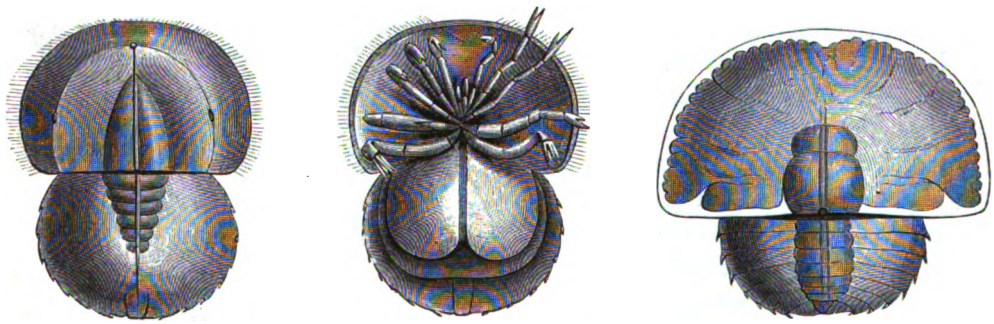
An dieſen Typus ſchließt ſich nun eine Menge von foſſilen Formen aufs engſte an, die Familie der Nautiliden. Schon im Silur treten ſie in nahezu 1800 verſchiedenen Arten und einer großen Menge von Gattungen auf, in mannigfaltigen äußeren Geſtalten; allein ſie erreichen auch hier, im oberen Teil der Formation, den Höhepunkt ihrer Entfaltung. Von da an gehen ſie ſtetig mehr und mehr zurück, und ſeit Beginn der Juraformation bis auf den heutigen Tag ſind ſie nur noch durch die eine Gattung Nautilus vertreten. Die foſſilen Nautiliden zeigen natürlich bei ihrer großen Mannigfaltigkeit auch vielfache Abweichungen von ihrem überlebenden Repräſentanten. Die äußere Form der Schale, der Mündung, die Größe und Geſtalt des Sipho wechſeln; gemeinſam bleibt die verhältnismäßig einfache, nach außen konkave Form der Kammerſcheidewände. Mit geringen Ausnahmen ſind die Siphonaltuten nach rückwärts gerichtet. Vor allem aber iſt die Bildung des Schalenanfanges, des erſten Schalenſtückes, das das junge Tier anlegt, charakteriſtiſch. Dieſer Schalenanfang zeigt immer breitkegelförmige Geſtalt und an ſeiner Spitze eine eigentümliche narbenartige Zeichnung, die darauf hinweiſt, daß die kleinen Schälchen durchbohrt waren und erſt ſpäter allmählich die Öffnung rückwärts verſchloſſen.

Digitized by Google

Weitaus die verbreitetste und formenreichste Gattung der Silur-Nautiliden bildet Orthoceras mit weit über 1000 verschiedenen Arten. Es gehören hierher ganz gerade gestreckte Formen von mehr oder weniger spitzkegelförmiger Gestalt und großer, nicht verengerter Mündung. Allerdings sind unter diesen geraden Orthoceren selbst so viele Abweichungen vorhanden, namentlich zeigt der Sipho so stark kontrastierende Bildungen, daß man sehr verschiedene Abteilungen unterscheiden kann. Bei manchen ist der Sipho eng und ungefähr im Zentrum gelegen, bei anderen

Slimonia acuminata, aus englischem Obersilur, bedeutend verkleinert. (Nach Woodward.) Vgl. Text, S. 85.

ist er weit und kugelig aufgetrieben. Für den Geologen ist namentlich eine Gruppe von Bedeutung, für die die Untergattung Endoceras aufgestellt worden ist: es sind das Orthoceren



Junge Exemplare von Limulus (Molukkenkrebs), sogenanntes Trilobitenstadium. Vgl. Text, S. 86.

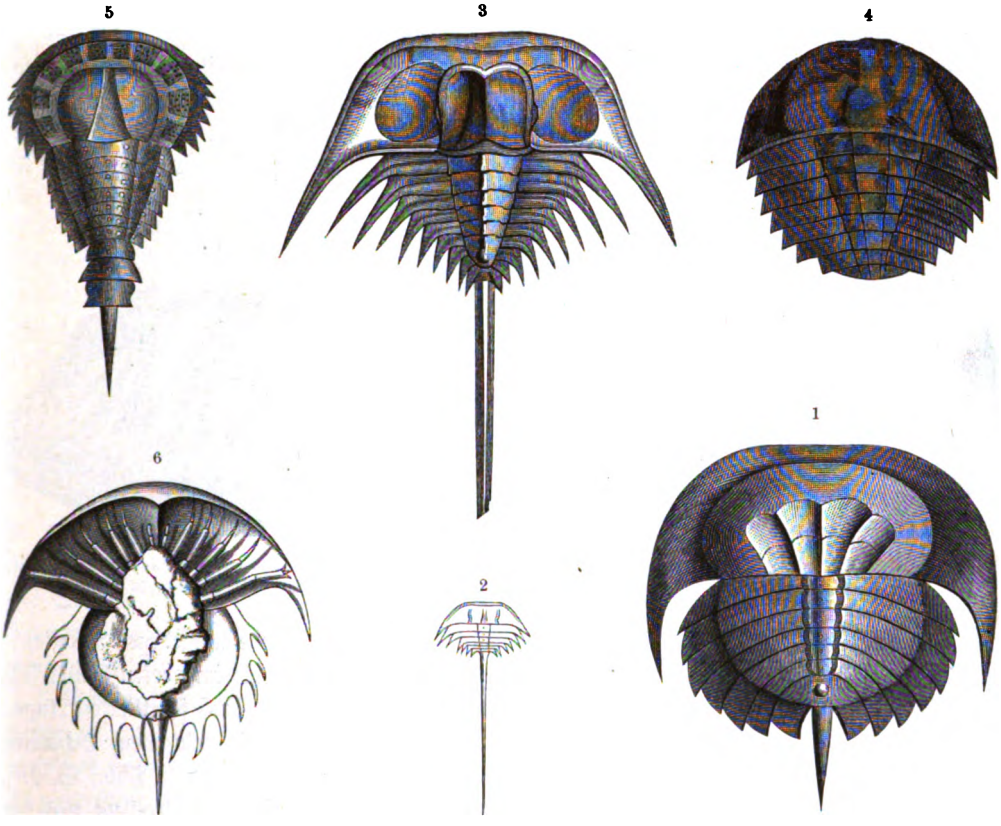
mit außerordentlich weitem, hart randlich gelegenem Sipho, der von dem Tier mit verschiedenartig gestalteten, oft tutenförmig ineinander steckenden Kalkabsätzen teilweise wieder ausgefüllt wurde. Diese Formen sind für das Untersilur von Skandinavien, Rußland und Nordamerika in hohem Grade charakteristisch und haben hier dem verbreiteten Orthocerenkalken ihren Namen gegeben (s. Abbildungen, S. 76).

Neben Orthoceras ist namentlich Cyrtoceras zu nennen, mit einfach gebogener Schale, ebenfalls außerordentlich verbreitet im Silur. Bildet die Schale eine vollkommen geschlossene Spirale, so haben wir die Gattung Nautilus, die im Silur nur spärlich auftritt und erst in etwas späterer Zeit den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreicht. Bei Trochoceras ist die Schale nicht genau in einer Ebene aufgerollt, sondern geht etwas schneckenartig in die Höhe, während sich bei

Digitized by Google

den ausschließlich untersiluriſchen Lituiten an eine vollkommen geſchloſſene Spirale ein gerade geſtreckter Schaft von größerer oder geringerer Länge anſchließt.

Bei den geraden Schalen von Gomphoceras und den gekrümmten von Phragmoceras tritt eine merkwürdige Verengerung der Mündung ein, die in zwei durch einen ſchmalen Schlitz miteinander verbundene Öffnungen zerfällt. Fügen wir dazu noch die ſeltſam ſchlauchförmigen Gehäuſe von Ascoceras (ſ. Abbildung, S. 74, Fig. 1) mit ihren unregelmäßig verlaufenden Kammerſcheidewänden, ſo iſt damit ein flüchtiges Bild der Haupttypen unter den Nautiliden der



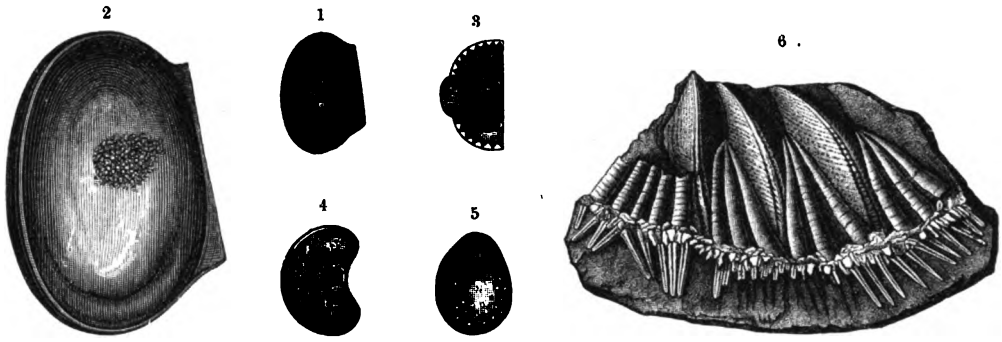
Paläozoiſche Xiphoſuren: 1) Prestwichia rotunda, aus engliſcher Kohlenformation; 2) Belinurus reginae, aus der iriſchen Steinkohlenformation; 3) derſelbe vergrößert; 4) Neolimulus falcatus, aus engliſchem Oberſilur; 5) Hemiaspis limuloides, aus engliſchem Oberſilur (nach H. Woodward); 6) Prestwichia Danae (nach Packard), 2/3 wirkl. Größe. Vgl. Text, S. 86.

Silurzeit gegeben. Nachdem in den kambriſchen Ablagerungen die Trilobiten die größten und ſtattlichſten Tiere geweſen waren, erlangen nun die mächtigen, räuberiſchen Cephalopoden die Herrſchaft unter den Tieren des Meeres, aber nur auf kurze Zeit. Denn ſchon in den letzten Phaſen der Silurzeit treten auch ihnen wieder in den Fiſchen übermächtige Konkurrenten zur Seite, und mit ihrer Ausbreitung gehen auch die Nautiliden ſtark zurück.

Die letzte der großen Hauptabteilungen der wirbelloſen Tiere, die Gliederfüßer oder Arthropoden, ſind im Silur faſt nur durch Kruſtaceen oder Krebstiere vertreten. Auch hier ſpielen unter ihnen, wie in den kambriſchen Ablagerungen, die Trilobiten, deren Organiſation ſchon früher geſchildert wurde, die erſte Rolle, ja die Zahl der Gattungen und Arten iſt ſogar bedeutend größer geworden. Dieſes Erſtarken des Stammes iſt jedoch nur ſcheinbar, in Wirklichkeit iſt er hier in entſchiedenem Rückgang begriffen; denn während in der kambriſchen

Digitized by Google

Formation die Trilobiten vor allen anderen Tierformen weitaus überwiegen, bilden sie im Silur kaum mehr den neunten Teil der gesamten Fauna. Es wurde schon früher (S. 45) erwähnt, daß die silurischen Trilobiten von den kambrischen total verschieden sind, nicht nur den Arten, sondern, von kaum nennenswerten Ausnahmen abgesehen, auch den Gattungen nach. Es sind zwei ganz vollständig voneinander abweichende Vergesellschaftungen, die sich nur in dem obersten Horizont der kambrischen Formation, in den Tremadocbildungen und deren Äquivalenten, vermengen. Das Untersilur ist ganz besonders reich an Trilobiten; sowohl die Zahl der Arten als die der Gattungen übertrifft die aller späteren Ablagerungen weitaus. Ja, mit wenigen Ausnahmen sind hier schon alle Genera vorhanden, die später im oberen Silur, im Devon und in der Kohlenformation eine Rolle spielen. Als besonders bezeichnend für das untere Silur sind die großen, flachen Formen von Asaphus (s. Abb., S. 75, Fig. 1) und Ogygia zu nennen, zu denen die Riesen unter den Trilobiten gehören, ferner die Gattung Illaenus (s. Abb., S. 75, Fig 2—4) mit fast ganz glatter Oberfläche, auf der die Dreiteilung durch Längsfurchen nur angedeutet ist,



Silurische Ostrakoden: 1) Leperditia, 2) dieselbe vergrößert; 3 und 4) Beyrichia; 5) Bolbozoe; 6) Pollicipes signatus, ein echter Cirripedier, aus dem Obersilur von Gotland (nach Aurivillius), vergrößert. Vgl. Text, S. 86 u. 87.

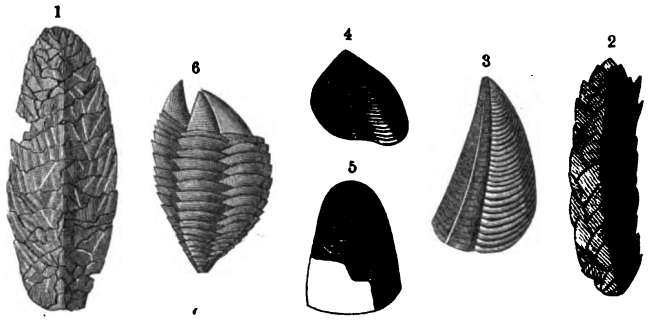
endlich Trinucleus mit dem großen, von merkwürdig verziertem Rande umgebenen Kopfschild (s. Abb., S. 77, Fig. 1). Andere Gattungen sind sowohl im unteren als im oberen Silur sehr verbreitet, wie Calymene, Dalmanites mit seinen mächtig entwickelten, groß facettierten Augen und elf Mittelleibsringen, Harpes, Lichas, Cheirurus mit fingerförmig gelapptem Schwanzschild, die Gattung Acidaspis, wunderbar verziert mit Stacheln und Spitzen (s. Abb., S. 78). Außerdem treten im Obersilur besonders die Gattungen Arethusina, ferner Proëtus und die durch ihr großes, fächerartiges Schwanzschild bemerkenswerte Gattung Bronteus hervor.

Natürlich kann es nicht unsere Absicht sein, das ganze wunderbare Formengemenge dieser fremdartigen Tiere kennen zu lernen. Es mag genügen, hier nur noch auf einige abweichende Typen aufmerksam zu machen, so auf die Gattungen Staurocephalus aus dem unteren und Deiphon aus dem oberen Silur, die durch die abenteuerliche kugelige Auftreibung ihrer Stirn in hohem Grade auffallen, Ampyx mit seinem gewaltigen Stirnstachel und Dionide mit den in ungeheuer lange Hörner ausgezogenen Hinterecken des Kopfschildes (s. Abbildungen, S. 77 u. 78).

Die übrigen Krustaceen treten im Vergleich mit den Trilobiten in den silurischen Ablagerungen nur untergeordnet auf, doch erreichen einige ziemlich große Bedeutung. Vor allen sind die gewaltigen Eurypteriden zu nennen, die größten Krebstiere, die je auf Erden existiert haben. Diese riesigen Tiere, von denen manche eine Länge von etwa 2 m erreichten, kommen in den obersten silurischen und in den unteren devonischen Ablagerungen vor; doch treten sie vereinzelt auch schon in etwas tieferen Silurbildungen auf, und eine Anzahl von Vertretern findet sich bis in die Kohlenformation. Die Eurypteriden haben einen kurzen, breiten, mit

Digitized by Google

kräftigem Schild bewehrten Kopf, dann folgt der mächtige gestreckte Rumpf, der aus zwölf frei beweglichen Körpersegmenten besteht und nach hinten entweder in einen kräftigen Schwanzlappen oder in einen langen, schwertförmigen Schwanzstachel endet. Die Oberseite des Kopfes trägt zwei große, zusammengesetzte Augen und zwei kleine Einzelaugen, auf der Unterseite des Körpers sind sechs Beinpaare angebracht, von denen aber eins sehr schwach und nur äußerst selten sichtbar ist. Die Hüften von fünf davon dienen als Kauorgane und umgeben den Mund zu beiden Seiten. Das erste Beinpaar trägt bei der Gattung Pterygotus gewaltige Scheren, das letzte ist bei der Mehrzahl der Gattungen als mächtiger breiter Schwimmfuß entwickelt. Außer den sechs Beinpaaren am Kopfe trägt dieser auf der Unterseite an seinem Hinterrand eine eigentümliche mit Kiemen besetzte Platte, das Operculum; ähnliche finden sich auch an den vordersten Rumpfsegmenten. Bei der typischen Gattung Eurypterus stehen die Augen in der Mitte des Kopfes, die fünf vorderen Beinpaare sind klein, nur das sechste, das Ruderpaar, ist groß und kräftig, am Körperende ist ein mächtiger, schwertförmiger Stachel vorhanden. Dieser ist noch weit stärker bei der Gattung Stylonurus entwickelt, und außerdem sind hier die beiden letzten Beinpaare zu enormer Länge und Schlankheit ausgebildet. Vergegenwärtigt man sich, daß diese seltsamen Tiere eine Länge von mehr als 1 m erreichten, so wird man sich die Stylonuren wohl als die fremdartigsten Krebstiere vorstellen müssen, die je gelebt haben, und die ganze jetzige Schöpfung enthält kaum irgend ein wirbelloses Geschöpf von so auffallenden Formen (s. Abbildungen, S. 79—81).



Cirripedier: 1, 2) Plumulites (Turrilepas), aus dem Silur, 3, 4, 5) einzelne Platten, vergrößert; 6) Loricula, ein echter Cirripedier aus der Kreideformation, zum Vergleich. Vgl. Text, S. 87.

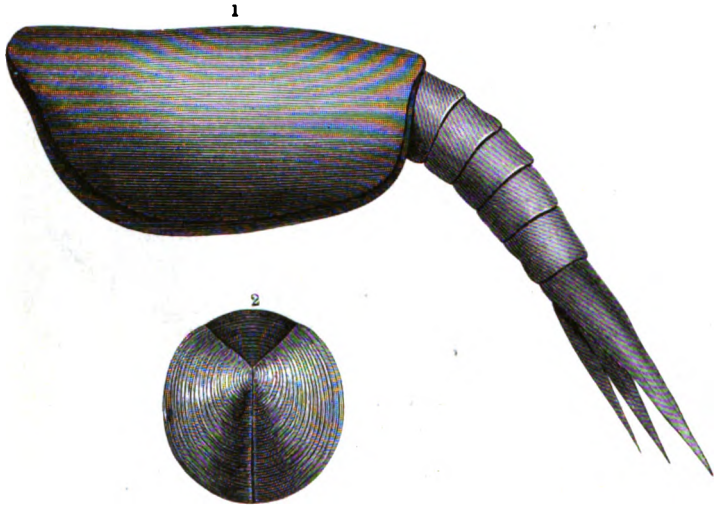
Die mächtigen Slimonien (s. Abb., S. 82, oben) schließen sich ziemlich nahe an Eurypterus an; nur ist der Schwanzstachel kürzer und breiter, und die Augen sind an den Vorderrand des Kopfes gerückt. Unter den bisherigen Formen haben sie am meisten Verwandtschaft mit Pterygotus, bei dem die Augen ebenfalls ganz am Vorderrande stehen, das vorderste Fußpaar mächtige Scheren trägt und das Endglied des Körpers breit lappenförmig gestaltet ist. Wohl gehören hierher auch kleinere Formen, wie Pterygotus bilobus, vor allem aber enthält diese Sippe die gewaltigsten Riesen, von denen allerdings gerade die größten Arten, wie Pterygotus taurinus und problematicus, nur in einzelnen Bruchstücken bekannt sind. Dagegen ist der nicht viel kleinere, fast mannslange Pterygotus anglicus, der Seraphim der dortigen Steinbrucharbeiter, im Unterdevon Schottlands in ausgezeichneten Exemplaren gefunden worden.

Die verwandtschaftlichen Beziehungen der Eurypteriden, für die mit Bezug auf ihre Riesengröße die Bezeichnung Gigantostraca vorgeschlagen worden ist, sind noch nicht mit voller Sicherheit festgestellt. Mehrfache gemeinsame Züge in der Organisation, wie namentlich die Umbildung der Fühler zu scherentragenden Fußpaaren und der Hüftglieder der fünf vorderen Fußpaare zu Kauplatten, die Gleichzahl der Kopfanhänge und die Gestaltung des Schwanzes, machen es wahrscheinlich, daß sie mit den noch jetzt lebenden Molukkenkrebsen (Limulus), die die Unterordnung der Xiphosura bilden, zusammenhängen. Solche Xiphosuren kommen schon im Obersilur vor, und zwar in Formen, bei denen das Kopfschild deutlich dreiteilig, der Mittelleib aus

Digitized by Google

freien und einrollbaren Segmenten gebildet ist (s. Abbildung, S. 83). An diese Gestaltung erinnert lebhaft die Larvenform der rezenten Molukkenkrebse im sogenannten Trilobitenstadium (s. Abbildung, S. 82, unten), und dadurch wird der genetische Zusammenhang der paläozoischen Xiphosuren und ihrer späteren Nachkommen deutlich erwiesen. Man nimmt an, daß diesen Ähnlichkeiten eine wirkliche Verwandtschaft zu Grunde liegt; trilobitenähnliche Tiere müßten die gemeinsamen Vorfahren gebildet haben, aber die Trennung müßte in weit zurückliegender Zeit vor sich gegangen sein, denn die Ausbildung der punktförmigen Augen der Gigantostraken an Stelle der zusammengesetzten der Trilobiten, die Abstoßung der Mittelleibs- und Schwanzanhänge und die übrigen Differenzierungen haben wohl sicher lange Zeiträume beansprucht.

Bedeutungsvoll ist die Frage, ob nicht auf Grund der Entdeckung von Antennen bei den Trilobiten andere Vorstellungen über die Stammesgeschichte der Krustaceen werden Platz greifen müssen. Man hat schon früher auf gewisse Ähnlichkeiten zwischen den Trilobiten und den Phyllopoden einerseits, den Asseln oder Isopoden anderseits hingewiesen; die wechselnde Anzahl der beweglichen Leibesringe und das Vorhandensein einer dem Hypostom der Trilobiten entsprechenden Oberlippe nähert die Phyllopoden an die Trilobiten an, während die Dreiteilung des Körpers sowie die Beschaffenheit der Augen mit den Isopoden gemeinsame Züge bilden. Die Annäherung der Trilobiten an die Phyllopoden und die tiefstehenden Formen der Malacostraca hat nun durch die Entdeckung der Trilobitenfühler eine entschiedene Verstärkung erfahren, und man darf die Verwandtschaft der Trilobiten mit diesen Malacostraca kaum geringer anschlagen als die mit den Gigantostraca und Xiphosura. Vielleicht aber wird sich auch nur ergeben, daß die Merostomata (Gigantostraca und Xiphosura), ferner die Trilobiten und endlich die übrigen Krebse drei in sich geschlossene Stämme bilden, deren Zusammenlaufen in einen Urstamm in tief vorkambrische Zeit zurück zu verlegen wäre.



1) Ceratiocaris; 2) Peltocaris. Vgl. Text, S. 87.

Unter den übrigen Krustaceen des Silurs spielen die bedeutendste Rolle die Ostrakoden oder Muschelkrebse, zu denen in der jetzigen Schöpfung die bekannten winzigen Wasserflöhe gehören. Hier sind die Weichteile von zwei großen, den Schalen der Muscheln ähnlichen Klappen, die mit Schloßzähnen, mit einem Ligament und mit Schließmuskel ausgerüstet sind, vollständig umschlossen. Während vom Devon an bis auf den heutigen Tag diese Ostrakoden nur durch winzig kleine Formen vertreten sind, erreichen sie im Silur zum Teil beträchtliche Größe, wie vor allen Aristozoe regina aus Böhmen; und wenn auch nur wenige sich diesen Dimensionen nähern, so gibt es doch eine bedeutende Anzahl von Gattungen und Arten, die, wie die häufige und bezeichnende Leperditia baltica, die späteren Verwandten weitaus überragen (s. Abbildung, S. 84). Daneben fehlten allerdings schon damals die Zwerge nicht, die stellenweise in unzähligen Mengen

Digitized by Google

den Meeresboden bevölkerten; und unter diesen namentlich ist die Gattung Beyrichia mit ihrer kräftigen Verzierung für die silurischen Bildungen in hohem Grade charakteristisch (s. Abb., S. 84).

Außerdem sind von Krustaceen noch die Cirripedier zu nennen, Verwandte unserer sogenannten Entenmuscheln, im Silur durch die Gattung Plumulites und einige andere vertreten, ohne daß diese Deutung durchaus sicher stünde. Die Abbildung, S. 85, zeigt uns solche Formen aus den Silurablagerungen Englands und Böhmens und daneben die Gattung der echten Cirripedier aus jüngeren Ablagerungen, die mit den Plumuliten die meiste Ähnlichkeit hat. Mochte bei einzelnen dieser Formen einiger Zweifel an der Cirripedier-Natur am Platze gewesen sein, so ist dies bei dem im Obersilur von Gotland entdeckten Pollicipes signatus (s. Abbildung, S. 84) vollkommen ausgeschlossen. Diese Form stimmt mit der noch in der Gegenwart lebenden Gattung Pollicipes so überein, daß nur Artunterschiede die beiden trennen. Ähnlich wie die Trilobiten haben auch die Cirripedier eine Rückbildung erfahren; es sind aber nicht nur die Sinnesorgane verkümmert, wie bei den Trilobiten das Auge, sondern der gesamte Organismus dieser mit dem Kopfe unmittelbar oder unter Vermittelung eines Stieles festgewachsenen, hermaphroditischen Tiere. Verhältnismäßig hoch organisierte Formen bildeten die Vorfahren der Cirripedier, dies erkennen wir aus der Entwickelungsgeschichte und den Larvenformen, und daher müssen unendlich lange Zeiträume verflossen sein, bis diese weitgehende Reduktion vollzogen sein konnte, die aus frei schwimmenden Krebstieren Wesen entstehen ließ, die man auf den ersten Blick gar nicht als Krebse erkennt. Notgedrungen müssen wir uns mit der Annahme befreunden, daß diese Rückbildung und natürlich noch mehr die Scheidung des Krustaceenstammes in seine verschiedenen Abzweigungen schon in vorkambrischer Zeit begonnen hat.

Als letzte Abteilung der silurischen Krebstiere sind die Phyllokariden zu nennen, deren Hauptmerkmale in dem großen, häufig zweiklappigen Kopfbrustschilde besteht. An dies schließt sich nach vorn ein drittes kleineres Stück, die Rostralplatte, an, die allerdings bei der Fossilisation sehr leicht verloren geht, vielleicht auch nicht einmal bei allen Formen vorhanden war. Nach rückwärts ragt unter der Bedeckung der schlanke Hinterleib hervor, der aus 4—8 frei beweglichen Segmenten besteht und an seinem Ende eine aus 3—5 stachelartig zugespitzten Teilen zusammengesetzte mächtige Schwanzflosse trägt (s. Abbildung, S. 86). Allerdings findet man die einzelnen Teile nur selten in dieser Vollständigkeit beisammen, am häufigsten trifft man nur das isolierte Kopfbruststück, manchmal auch einzelne Stacheln der Schwanzflosse. Die zahlreichen Gattungen dieser Phyllokariden wurden früher allgemein und oft genug noch jetzt mit der Krustaceenordnung der Phyllopoden vereinigt, jedoch ohne die mindeste Berechtigung. Sie treten schon im Kambrium auf und sind in paläozoischen Ablagerungen ziemlich verbreitet, ohne es aber jemals, wie es scheint, zu einer besonderen Blüte gebracht zu haben; dennoch ragen sie in der ganz isoliert dastehenden Gattung Nebalia bis in die Jetztzeit. Nebalia verbindet in merkwürdiger Weise Charaktere der niedrig organisierten Entomostraca mit solchen der hoch stehenden Malacostraca oder Schalenkrebse, und dies läßt auch jene alten Phyllokariden in hohem Grade interessant erscheinen.

Es sind noch die Wirbeltiere zu erwähnen, die mit ihrer tiefststehenden Gruppe, den Fischen, namentlich im Obersilur ziemlich verbreitet sind. Es kommen aber auch schon im untersten Silur, wie wir schon erwähnt haben, kleine Fischzähnchen vor, die zwar eine nähere Bestimmung nicht zulassen, aber zeigen, daß auch der Stamm der Fische schon in uralte Zeiten zurückgreift. Leider sind die Fischreste des Silurs meist fragmentär, bald haben sich nur Schuppen, bald nur Zähne oder isolierte Knochen, namentlich Flossenstachel, erhalten; trotzdem lassen sich schon die Fische der Silurzeit in drei Gruppen trennen: die Haifische, die Ganoidfische und die Panzerfische. Die dritte ist namentlich auf der Insel Ösel an der esthnischen Küste der Ostsee in besserer Erhaltung gefunden worden. Auf eine nähere Schilderung dieser Formen gehen wir hier nicht näher ein,

Digitized by Google

sie bilden nur die Vorläufer der weit reicheren Fischfauna der Devonformation, auf die wir später zu sprechen kommen werden.

Von den Landtieren des Silurs sind bisher nur einige spärliche Reste bekannt geworden, am besten noch zwei Gattungen von Skorpionen, von denen die eine, Proscorpius, aus dem Obersilur von New York, die andere, Palaeophonus, aus dem Obersilur von Gotland und Schottland herstammt. Trotz gewisser Unterschiede von den Skorpionen der Gegenwart ist die Übereinstimmung in den charakteristischen Merkmalen erstaunlich. Noch weiter zurück geht der Fund eines Insektenflügels aus dem unteren Silur Frankreichs, Palaeoblattina Douvillei, aus dessen Geäder auf ein Tier aus der Ordnung der Geradflügler oder Orthopteren, nach Brauer auf ein solches aus der Verwandtschaft unserer gemeinen Maulwurfsgrillen (Gryllotalpa), geschlossen werden darf. Endlich ist noch ein Tausendfüßer aus dem Untersilur Esthlands zu unserer Kenntnis gelangt. Wohl ist die Zahl der uns bekannten silurischen Landbewohner gering, aber sie beweisen mit Bestimmtheit, daß ein reiches tierisches Leben am Lande geblüht haben muß; denn es wäre absolut widersinnig, anzunehmen, daß nur je eine Art von Insekten und Tausendfüßern und zwei Gattungen von Skorpionen in je einer Art existiert hätten. Im Gegenteil zeigt das Vorhandensein so hoch organisierter und differenzierter Formen, daß eine große Menge ähnlicher Tiere das feste Land bewohnt haben muß; ja, wir werden auch zu dem unabweisbaren Schluß geführt, daß Kontinente und kontinentale Organismen nicht etwa erst im Silur, sondern schon in viel früherer Zeit begonnen haben.

Aus der Existenz von Insekten und aus der hohen Entwickelungsstufe der Devonflora können wir mit Sicherheit auch auf eine silurische Flora zurückschließen. Was uns aber an Resten thatsächlich vorliegt, ist überaus dürftig. Die sogenannten Algenreste aus marinen Schichten sind größtenteils nicht pflanzlicher Natur (vgl. ähnliche Vorkommnisse aus dem Kambrium: S. 37); mit Bestimmtheit sind nur Kalkalgen aus der Gruppe der Siphoneen und zwar in mannigfaltiger Gestaltung nachgewiesen worden. Nicht viel besser steht es um die Landpflanzen, denen ein ähnlicher Typus zugeschrieben wird, wie denen des Devon. Ein Bild der silurischen Flora wird man erst dann entwerfen können, wenn einmal Reste gefunden sein werden, die sicherer als bisher gedeutet werden können.

Verschiedene Typen des Silurs.

Die Verbreitung der silurischen Ablagerungen ist überaus groß; diese treten in den verschiedensten, weit voneinander entfernten Gegenden auf und sind bei aller Verschiedenheit im einzelnen doch am gesamten Charakter ihrer Fauna stets leicht zu erkennen. In Europa bedecken sie namentlich in den nördlicheren Gegenden weite Flächen; die Britischen Inseln, Skandinavien, Rußland bieten eine außerordentliche Mannigfaltigkeit silurischer Bildungen mit analogen Zügen, und ihnen schließen sich auch die weiter südlich gelegenen Vorkommnisse im östlichen Galizien und in dem angrenzenden Russisch-Polen, namentlich an den Ufern des Dnjestr, an. Allein nicht alles europäische Silur ist nach diesem Typus entwickelt. Im Zentrum Böhmens tritt uns dieselbe Formation, zwar räumlich beschränkt und wenig mächtig, aber dafür mit unglaublichem Fossilreichtum, entgegen; und wenn wir deren Reste mit jenen der nördlichen Region vergleichen, so finden wir einen ziemlich bedeutenden Gegensatz und große Verschiedenheit der Arten. Dagegen schließen sich die Ablagerungen in den Alpen, auf Sardinien, in Frankreich und Spanien jenen Böhmens aufs innigste an, so daß wir in Europa, wie J. Barrande gezeigt hat, zwei verschiedene geographische Provinzen der Silurentwickelung unterscheiden können.

Digitized by Google

Silurische Ablagerungen bedecken weite Flächen von Sibirien und China; in geringerer Ausdehnung sind sie auch im Himalaya nachgewiesen. Dagegen ist Afrika außerordentlich arm. Man kennt bisher nur aus Marokko trilobiten- und orthocerenführende Ablagerungen in einiger Ausdehnung; natürlich ist es bei unserer geringen Kenntnis des schwarzen Kontinents möglich, daß mit der Zeit noch Silur gefunden werde, aber einen namhaften Teil an dem Bau der Oberfläche hat es sicher nicht gehabt. Außerordentliche Ausdehnung gewinnt dagegen das Silur in Nordamerika, von den eisigen Inseln der Polarregion bis Mexiko nimmt es ungeheuern Flächenraum ein, es tritt in enormer Mächtigkeit und mit großem Fossilreichtum auf, ja vermutlich kann sich keine andere Gegend der Welt, was die Entwickelung des Silurs betrifft, mit dieser messen. Weit ärmer ist dagegen Südamerika, wo nur von wenigen Punkten in den argentinisch-chilenischen und bolivianischen Anden hierher gehörige Fossile bekannt sind. Endlich sind in Australien beträchtliche Strecken der Oberfläche von Neusüdwales, Victoria und Queensland aus silurischen Ablagerungen gebildet; solche sind auch aus Neuseeland und Tasmanien bekannt.

Wenn wir diese außereuropäischen Bildungen mit denen unseres Erdteils vergleichen, so kommen wir zu einem auffallenden Resultat. Der Typus der sogenannten europäischen Südzone, wie er in Böhmen am besten ausgeprägt ist, hat sich bis jetzt nirgends wiedergefunden, dagegen schließen sich jene exotischen Vorkommnisse, soweit sie bekannt sind, der englisch-skandinavischen Entwickelung an. Das gilt in erster Linie von Nordamerika; hier mögen es vor allem die Küsten des alten Kontinents Atlantis gewesen sein, die die Wanderung und den Austausch der Formen ermöglicht haben. Aber auch die südamerikanischen, chinesischen und australischen Fossile finden im nordeuropäischen Silur ihre nächsten Vergleichspunkte.

Worin sind die Ursachen dieser zwiefachen Ausbildung gelegen? Wenn man Europa allein ins Auge faßt, so wird dadurch, daß die einen Ablagerungen den Norden, die anderen den Süden des Erdteils einnehmen, die Vermutung nahegelegt, daß es sich um klimatische Verschiedenheiten handle. Allerdings ist die lokale Verbreitung des böhmischen, die allgemeine des nordeuropäischen Typus dieser Ansicht wenig günstig, wenn auch dadurch das Gegenteil nicht mit Sicherheit bewiesen wird. Es bleibt immer noch die Möglichkeit übrig, daß die Vorkommnisse in England, Skandinavien, Rußland, China und Nordamerika einer zusammenhängenden Nordzone, die in Chile und dem südlichen Australien einem antarktischen Verbreitungsgebiet angehören, während die in Böhmen, den Alpen, Sardinien, Frankreich, Spanien und Portugal als die nördlichsten einer äquatorialen Zone gelten müßten. Eine Bestätigung für diese Auffassung wäre es, wenn man Silurablagerungen von böhmischem Typus an einzelnen Punkten des äquatorialen Gebietes fände. Da aber die silurischen Bildungen nach dem jetzigen Stande der Kenntnisse gerade in den äquatorialen Regionen mindestens sehr schwach entwickelt sind, so ist eine Entscheidung auf diesem Wege kaum zu erwarten. Nach einer anderen Anschauung wäre die eigentümliche Entwickelung des süd- und mitteleuropäischen Silurs auf eine räumliche Isolierung des betreffenden Meeresteils zurückzuführen. Ein Landrücken hätte beide Gebiete getrennt und den Austausch der Arten zwar nicht gänzlich gehindert, aber doch erschwert und die Herausbildung einer Lokalfauna begünstigt. Jedenfalls tritt so viel immer deutlicher hervor, daß die faunistische Sonderstellung des südeuropäischen und südasiatischen Gebietes auch in anderen Formationen unverkennbar ist. Seit den ältesten Zeiten hat der ostwestlich gestreckte Ozean Tethys, als dessen letzten Rest wir das heutige Mittelmeer erkannt haben (vgl. Band I, S. 414), eine eigentümliche und von der allgemeinen abweichende Tierwelt beherbergt, deren Verbreitungsgebiet an den Grenzen zwar bald dahin, bald dorthin ausgedehnt oder auch eingeengt wurde, im großen und ganzen aber eine bemerkenswerte Stetigkeit bekundete. Man wird also diese Frage nur im Zusammenhang mit den jüngeren Formationen zu betrachten haben.

Digitized by Google

Wenn man die silurischen Ablagerungen verschiedener Gegenden und den Charakter ihrer Fauna ins Auge faßt, so lassen sich für die große Mehrzahl der Vorkommnisse in rohen Umrissen zwei verschiedene Abteilungen, das Untersilur und das Obersilur, voneinander unterscheiden. Das untere Silur ist in erster Linie durch seine Trilobiten ausgezeichnet, unter denen die schon früher genannten Gattungen Asaphus, Ogygia, Illaenus, Trinucleus und einige andere ganz oder größtenteils auf diese Abteilung beschränkt sind. Zu ihnen gesellen sich noch Lituites und Endoceras unter den Cephalopoden, Porambonites und Orthisina unter den Brachiopoden; endlich sind unter den Stachelhäutern die Cystideen hier weitaus am stärksten, die Krinoiden verhältnismäßig schwach vertreten. Im Obersilur sind unter den Trilobiten Bronteus, Phacops, Proëtus, Acidaspis, Calymene und Lichas am häufigsten; unter den sehr zahlreichen Cephalopoden bilden namentlich die Gattungen Gomphoceras und Phragmoceras charakteristische Typen dieser Stufe; unter den Brachiopoden ist das erste Vorkommen der Gattung Spirifer zu erwähnen; von Muscheln ist Cardiola interrupta eine weit verbreitete Leitform; bei den Echinodermen ist das Zurücktreten der Cystideen und das starke Überwiegen der Krinoiden hervorzuheben.

Beispiele der silurischen Entwickelung.

Die erste Kenntnis der silurischen Ablagerungen ist gleich jener der kambrischen Formation von England ausgegangen, und wir verdanken sie wesentlich den ursprünglich vereinigten, später sich bekämpfenden Arbeiten und Anstrengungen der beiden Forscher Sedgwick und Murchison. Mit Recht wird seither die Ausbildung des Silurs, wie sie uns in England und namentlich in Wales entgegentritt, als der Typus der Formation behandelt. Wir wollen daher mit der Besprechung des englischen Silurs den Anfang machen. Die Aufeinanderfolge der einzelnen Horizonte ist in England seit langer Zeit festgestellt, dagegen bestanden vielfache Meinungsverschiedenheiten über die Art und Weise, wie diese untergeordneten Horizonte zu größeren Schichtgruppen zusammen zu fassen seien. Heute ist auch in dieser Hinsicht Übereinstimmung erzielt, und wir sind dadurch der Notwendigkeit enthoben, auf die früheren, fast rein formalen Streitfragen einzugehen. In den typischen Regionen des westlichen England und in Wales besteht das untere Silur aus einer 2000—3000 m mächtigen Ablagerung von Sandsteinen und Schiefern, denen nur untergeordnete Bänke von Kalk eingeschaltet sind. Ihre Lage in jenen zum Teil sehr gebirgigen Gegenden ist stark gestört und verwickelt, und gleichzeitig mit ihrer Bildung fanden gewaltige vulkanische Ausbrüche von Diabas- und Porphyrgestein statt, die sich bald in Stöcken, bald als regelmäßige Decken den Schichtgesteinen beimengen und das Material zu ausgedehnten sedimentären Tuffen liefern.

Den tiefsten Horizont des Untersilurs bilden nach der in Deutschland herrschenden Auffassung die Tremadocschichten, die von englischen Geologen noch zum Kambrium gezogen werden. Hier treten zum erstenmal echt silurische Trilobiten, wie die Asaphiden, und eine große Anzahl von Orthoceren, Cyrtoceren und Brachiopoden von silurischem Gepräge auf, und mit diesen zugleich lebten noch einige kambrische Formen. Offenbar ist aber das Erscheinen einer neuen Fauna der bedeutungsvolle Zeitpunkt in der geologischen Entwickelung der Formationen, nicht das Bestehen einzelner, durch die lebenskräftigen Ankömmlinge bald verdrängter Typen der abgelaufenen Periode, und daher ist wohl die erste Auffassung als die richtigere zu betrachten.

Über den Tremadocschichten liegt die Arenig-Gruppe, die mit der darauffolgenden Bala-Gruppe das Untersilur oder Ordovician, wie es auch genannt wird, zusammensetzt. Auch hier fristen noch einige kambrische Arten (etwa 16) ihr Dasein; und eine gewisse Ähnlichkeit mit den

Digitized by Google

Verhältnissen des Kambriums kommt auch darin zum Ausdruck, daß die Trilobiten noch die artenreichste Gruppe darstellen, während Cephalopoden und Muscheln stark zurücktreten. Petrographisch bestehen diese Schichten fast nur aus Schiefer, Sandsteinen und Quarziten; zu den Quarziten gehören die durch ihre Verwitterungsformen auffallenden Stipperstones (Bd. I, S. 499).

Die weit mächtigeren Ablagerungen der Bala-Gruppe, die über dem Arenig folgt und hauptsächlich aus Schiefern mit untergeordneten Sandsteinen und Kalken besteht, sind ganz besonders durch das massenhafte Auftreten von Eruptivgesteinen ausgezeichnet, die ihnen eingeschaltet sind oder sie durchsetzen. Wir müssen uns Westengland und Wales in der Vorzeit etwa so vorstellen wie heute die vulkanischen Regionen Siziliens und seiner Umgebung. Eine große Menge von unterseeischen Vulkanen ergoß ihre Laven und Asche, die im Meerwasser zu einem schichtweise sich absetzenden Schlamme wurden. Eine Anzahl solcher Eruptionspunkte baute mächtige Krater auf, die vielleicht mit so gewaltigen Riesenkegeln den silurischen Ozean überragten wie heute der Ätna die blauen Fluten des Jonischen Meeres, und einige der bedeutendsten Berge von Wales, der Cader Idris, Aran Mowddwy und andere, scheinen nichts anderes zu sein als die durch Denudation bloßgelegten Kerne jener silurischen Feuerberge. Die Balagruppe, deren unterer Teil als Llandeilo, deren mittlerer als Caradoc eine besondere Bezeichnung erhalten hat, zeigt die blühendste Entfaltung der untersilurischen Organismenwelt und enthält in der ganzen britischen Area nicht viel weniger als die Hälfte der gesamten englischen Silurfauna. Trilobiten, Cephalopoden, Muscheln, Schnecken, Brachiopoden, Echinodermen, Graptolithen treten in reicher Menge auf, und auch Korallen finden sich zum erstenmal in ansehnlicher Zahl ein.

Mit Schluß des Untersilurs scheint in Wales eine Denudationsperiode eingetreten zu sein, eine ausgesprochene Diskordanz trennt das Obersilur vom Untersilur, und die Tiefstufe des Obersilurs, die Llandoverygruppe, beginnt mit mächtigen Grundkonglomeraten und Sandsteinen. Untersilurische Trilobiten, wie Asaphus, Trinucleus, werden hier schon von obersilurischen Arten begleitet, wie Calymene, Proëtus, Encrinurus. Während des Llandovery hat offenbar eine allmähliche Senkung des Meeresbodens stattgefunden, denn man beobachtet: das obere Llandovery greift fortschreitend über das Caradoc, Llandeilo, Kambrium und über präkambrische Felsarten über; diese eigentümlichen Lagerungsverhältnisse waren die hauptsächlichste Veranlassung zu den Meinungsverschiedenheiten über die Gliederung des englischen Silurs. Die Llandoveryschichten schließen mit rötlichen und grünlichen, graptolithenreichen Taranonschiefern ab. Dann folgen die höheren Silurbildungen, die in verschiedenen Teilen von Wales eine ungleichmäßige Entwickelung annehmen; in Shropshire sind die Schichten wenig mächtig und kalkreich, im Nordwesten schwellen sie zu mächtigen harten und kalkarmen Schiefer- und Sandsteinmassen an.

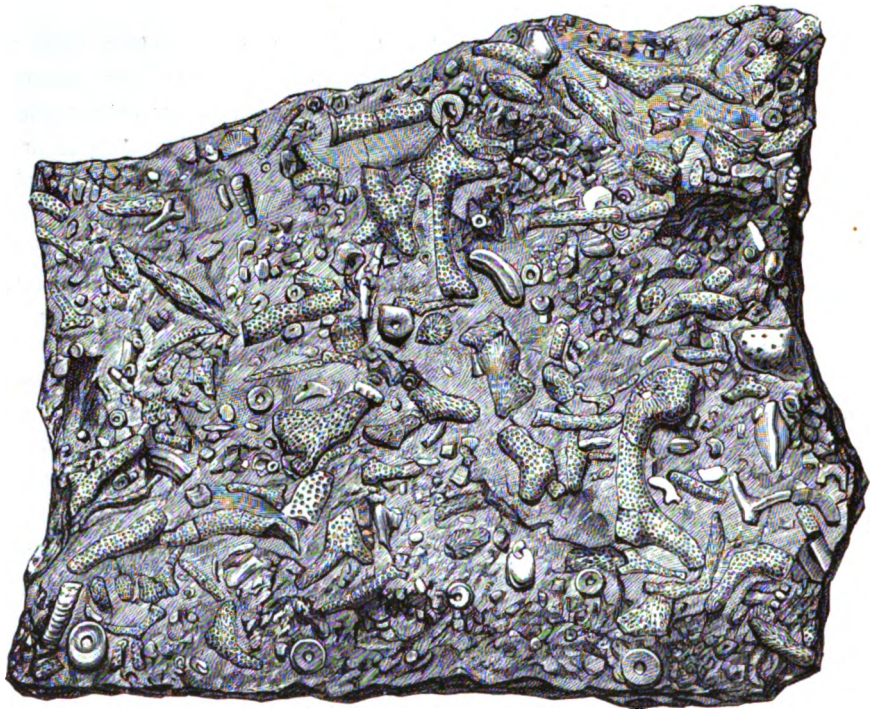
Die untere Abteilung, die Wenlockstufe, besteht in der Regel zu unterst aus Schiefern mit Kalkeinlagerungen, gegen oben treten die Kalke mehr hervor, stellenweise finden sich massenhafte Anhäufungen von Korallen, ja wirkliche Riffbildungen, während an anderen Punkten in dünnen Kalkschichten zahllose wohlerhaltene Versteinerungen, Reste von Trilobiten, Brachiopoden, Korallen, Echinodermen 2c., so dicht gedrängt beisammenliegen, daß die ganze Schichtfläche vollständig davon bedeckt ist. Es sind das die berühmten Dudleyplatten (s. Abbildung, S. 92), die schon bei den Sammlern des vorigen Jahrhunderts in hohem Ansehen standen und noch heute stets neue Schätze liefern, wenn auch nicht mehr so ergiebig wie früher, als das Beste noch nicht aufgelesen und fortgetragen war.

Über den Wenlockschichten folgen die cephalopodenreichen Ludlowschiefer, durch die Einlagerung des durch massenhafte Brachiopodenführung ausgezeichneten Aymestrykalkes in eine obere und eine untere Abteilung geschieden. Bemerkenswert ist eine sehr dünne, oft nur 2 cm mächtige Schicht mit Resten der großen Eurypteriden und einiger Fische. Rötliche und gelbliche

Digitized by Google

Sandsteine, ferner rote, sandig-mergelige Schiefer bilden den Abschluß der Silurformation. Nach ihrer petrographischen Beschaffenheit und ihren tierischen Resten bahnen sie bereits den Übergang zum roten Sandstein der Devonformation an und werden mit Bezug darauf Passage beds genannt.

In anderen Teilen der britischen Inseln treten abweichende Ausbildungsformen des Silurs auf; im Seengebiet des nördlichen England und in Schottland ist fast die ganze Formation durch Grauwacken und Schiefer gebildet, in denen sich fast nur Graptolithen in großer Menge finden. Gerade diese Gebiete haben Lapworth das Hauptmaterial zu dem Versuch geliefert, eine auf das Vorkommen der Graptolithen gegründete Zonengliederung aufzustellen, ein



Eine Dudleyplatte: Kalkschichten mit Trilobiten, Brachiopoden, Korallen, Echinodermen u. s. w. Vgl. Text, S. 91.

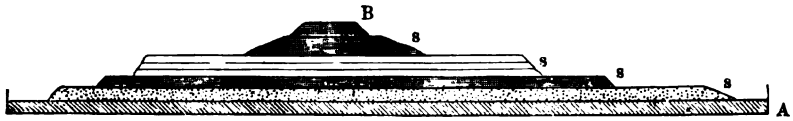
Unternehmen, das insofern von außerordentlichem Erfolg gekrönt war, als die Untersuchungen von Tullberg eine bemerkenswerte Übereinstimmung einzelner Zonen im Kambrium und Silur des südlichsten Schweden (Schonen) mit jenen in England und Schottland ergeben haben. Das Untersilur enthält auch in diesem nördlichen Verbreitungsgebiet vulkanische Massen eingeschaltet. An der Basis des Obersilurs treten in der Seenregion (Westmoreland, Cumberland) und bei Carrick in Ayrshire (Schottland) mächtige Konglomerate und Sandsteine auf. Während aber in der Seenregion die Auflagerung des Obersilurs unkonform ist und ähnlich wie im südlichen England auf eine Denudationsperiode schließen läßt, liegt in Schottland das Obersilur gleichmäßig, ohne nachweisbare Lücke auf dem Untersilur. Einzelne Horizonte sind ausnahmsweise kalkig entwickelt, wie der Conistonkalk des Seengebiets und der Durneßkalk in Schottland; diese Kalksteine enthalten Tierreste von ausgesprochen skandinavischem Typus.

In Norwegen, dessen weitverbreitete silurische Ablagerungen mit jenen Schwedens der Hauptsache nach übereinstimmen, und wo vor allem als eine merkwürdige Erscheinung in der Umgebung von Bergen die früher geschilderten kristallinischen Schiefer mit Trilobiten und

Digitized by Google

anderen Versteinerungen vorkommen (vgl. Bd. I, S. 661), ist die Lagerung dieser Gebilde ähnlich wie in England gestört und aufgerichtet. Wenn wir uns aber von da nach Osten wenden, nach dem südlichen Schweden und Rußland, so treffen wir auf einen auffallenden Gegensatz: vollkommen horizontal ruhen hier die alten paläozoischen Schichten der kambrischen und silurischen Formation auf dem Grundgebirge; keine Aufrichtung, keine Faltung hat seit weit entlegener Urzeit jene Gegenden betroffen. In Schweden setzen diese silurischen Schichten große Teile der Provinzen Dalekarlien, Jemtland, Ost- und Westgotland, Schonen, ferner die Inseln Gotland und Ösel zusammen; bald decken sie große Flächen, bald treten sie nur als isolierte Denudationsreste ehemals weit ausgedehnter Ablagerungen in einzelnen burgähnlichen Tafelbergen, wie die Kinnekulle am Wenersee, auf, deren oberste Teile durch eine Decke von festen, widerstandskräftigen Eruptivgesteinen gebildet ist (s. untenstehende Abbildung).

Im Untersilur, das namentlich auf dem Festland und auf der Insel Ösel sehr entwickelt ist, begegnet uns hier zum erstenmal ein bezeichnendes, auch in Rußland und Nordamerika weitverbreitetes Glied, der Orthocerenkalk oder Vaginatenkalk, der, abgesehen von dem Vorkommen von Trilobiten, Echinodermen ꝛc., vor allem durch die massenhaften Orthoceren mit großem,



Profil des Berges Kinnekulle am Wenersee in Schweden: A) Gneis, B) Decke von Eruptivgestein, ssss Silurablagerungen.

ganz am Rande gelegenem Sipho (Untergattung Endoceras oder Gruppe der Vaginati; vgl. oben, S. 82) ausgezeichnet ist. Der Orthocerenkalk tritt im unteren Teil des Untersilurs, nahe über der oberen Grenze der kambrischen Formation auf, von der er durch den Ceratopygekalk, eine dem englischen Tremadoc entsprechende Übergangsbildung, getrennt ist. Im allgemeinen sind in Schweden Kalke und Graptolithenschiefer die herrschenden Gesteine, jene in den nördlicheren Partien, diese im südlichsten Teil, in Schonen. Auch das Obersilur ist hier hauptsächlich durch Trilobitenschiefer vertreten, während sich auf der Insel Gotland Kalke vom Alter der englischen Wenlockschichten einstellen mit einer ausgezeichnet erhaltenen Fauna, in der vor allem Korallen und Krinoiden durch ihre Fülle und Schönheit hervorleuchten. Gotland zeigt uns vielleicht das schönste Korallenriff der paläozoischen Periode, dessen Fauna jetzt durch treffliche Arbeiten von schwedischen Forschern, namentlich von Angelin und Lindström, gut bekannt ist.

Das Silur der russischen Ostseeprovinzen ist mit dem schwedischen in Gliederung und Fauna und vielfach auch im Gesteinscharakter einzelner Bänke und Horizonte nahe verwandt. Fast die ganze Schichtfolge besteht aus versteinerungsreichen Kalken. Auf der Grenze zwischen kambrischen und silurischen Schichten liegen die Glaukonitsande und -Kalke mit den schon besprochenen Konodonten, dann folgen Orthocerenkalke wie in Schweden und darüber eine Reihe von Kalkablagerungen mit einer reichen untersilurischen Fauna von Trilobiten, Brachiopoden, Cystideen und Korallen. Unter den ebenfalls fossilreichen obersilurischen Bildungen sind die Kalke der Insel Ösel bemerkenswert, die den jüngsten Horizont bilden und den englischen Ludlowbildungen entsprechen. Sie zeichnen sich vor allem durch ihre große Zahl von prachtvollen großen Eurypteriden und durch das Vorkommen verhältnismäßig zahlreicher Fischreste aus und übertreffen in dieser Beziehung alle anderen bekannten Silurablagerungen.

Die Kenntnis der skandinavischen und baltischen Ablagerungen von silurischem und kambrischem Alter sind wichtig für das Verständnis der norddeutschen Ebene und ihrer Bildungen.

Digitized by Google

Während der diluvialen Eiszeit waren sowohl Skandinavien als die Ostseeprovinzen total vereist, wie heute das Innere von Grönland; ungeheure Massen von Gletschereis bewegten sich von Schweden und Norwegen über das seichte Becken der Ostsee, über Skagerrak und Kattegat und über Dänemark nach dem nördlichen Deutschland und vereinigten sich hier mit den von Nordosten kommenden Eisströmen der russischen Ostseeprovinzen. Von beiden Seiten brachten die Gletscher auch massenhafte Steintrümmer und Blöcke mit, die als Moränen abgelagert wurden und beim Abschmelzen und dem Verschwinden jener Eismassen zurückblieben und nun über die ganze norddeutsche Ebene verstreut liegen. Zu den häufigsten Vorkommnissen dieser „nordischen Geschiebe" gehören kambrische und silurische Gesteine aus Skandinavien und den baltischen Provinzen, und durch genaues Studium der Gesteine und der Fossile ist es gelungen, für den größeren Teil dieser Fremdlinge den Ursprungsort zu bestimmen und so die Wege der diluvialen Gletscherzüge wenigstens einigermaßen festzustellen.

Gewundene Kalkschichten des böhmischen Silurs, an der Moldau, südlich von Prag. Vgl. Text, S. 95.

Mit dem baltischen Silur, an das sich das der podolischen Dnjestrregion innig anschließt, schließen wir die Betrachtung der europäischen Nordzone ab und wenden uns den weiter südlich gelegenen Regionen zu, unter denen allerdings nur die Vorkommnisse in Böhmen von größerer Bedeutung sind. Wohl nimmt dieses in räumlicher Beziehung unter allen bedeutenderen silurischen Territorien den letzten Rang ein, auch ist die Gliederung durchaus nicht reich und die Gesteinsmächtigkeit verhältnismäßig nicht groß; dafür begegnen wir aber hier einem Fossilreichtum, der wenigstens bis jetzt durchaus unerreicht dasteht. Die ganze Fauna dürfte gegen 4000 verschiedene Formen umfassen; das eine obersilurische Niveau E2 enthält nicht weniger als 103 verschiedene Krustaceen, 777 Cephalopoden, 767 Muscheln und 293 Brachiopoden, dazu noch

Digitized by Google

zahlreiche Schnecken, Korallen und Krinoiden, so daß sich für dieses einzige Niveau auf kleinem Flächenraum die geradezu beispiellose Menge von nahezu 2500 verschiedenen Formen ergibt.

Die silurischen Ablagerungen Böhmens nehmen nur einen beschränkten Raum ein: sie bilden eine von Südwesten nach Nordosten gerichtete Ellipse, deren Zentrum von unterdevonischen Ablagerungen eingenommen wird, und von der überdies einige Teile von vollständig diskordant gelagerten, übergreifenden Schichten der Kohlenformation und der oberen Kreide verdeckt werden. Die Lagerung ist stark gestört, die Schichten des Silurs sind gemeinschaftlich mit den darauf folgenden devonischen Kalken aufgerichtet, gefaltet und gebogen und fallen, abgesehen von untergeordneten, wenn auch teilweise recht beträchtlichen Abweichungen, von allen Seiten nach der Mitte zu ein, so daß man also, von den Rändern nach innen vorschreitend, auf immer jüngere Bildungen stößt und die einzelnen Horizonte der Hauptsache nach konzentrische Ringe bilden (s. Abbildung, S. 94, und die untenstehende). Wir haben es mit einer wiederholten Grabensenkung (vgl. Band I, S. 343) zu thun, deren mittlerer Teil am tiefsten eingesunken und zugleich am stärksten gefaltet ist. In den höher liegenden Randteilen sind die geologisch jüngsten Ablagerungen, das Obersilur und Devon, der allgemeinen Zerstörung zum Opfer gefallen, nur in der

Idealprofil der mittelböhmischen Silur- und Devon-Ablagerungen. (Nach F. Katzer; vereinfacht.)

Mitte des Grabens konnten sie vermöge ihrer tiefen Lage der Abtragung entgehen. Lange Zeit hat man diese Verhältnisse irrig aufgefaßt; man hielt den böhmischen Silur- und Devongraben für eine durch die ursprünglichen Ablagerungsverhältnisse bedingte Muldenbildung, die durch allmähliche Ausfüllung eines natürlichen Beckens mit Sediment entstanden sein sollte. Obwohl es immerhin möglich ist, daß das böhmische Silur einen Teil der ehemaligen Ausfüllung eines großen Golfes darstellt, wie etwa heute der Golf von Bengalen, so ist es doch sicher, daß dessen Umgrenzung mit dem jetzigen Umfang der Ablagerungen nicht zusammenfällt. Diese waren ursprünglich gewiß viel ausgedehnter: mindestens zur Zeit des Obersilurs standen sie mit den gleichalterigen Bildungen der Alpen in unmittelbarem Zusammenhang.

Barrande hat die älteren Schichtgesteine Böhmens in einige Hauptabteilungen gebracht und sie der Reihe nach, von den ältesten angefangen, mit den Buchstaben des lateinischen Alphabets bezeichnet. A und ein Teil von B sind archäische Schiefer, ein anderer Teil von B, C und die untersten Lagen von D fallen der kambrischen Formation zu, D umfaßt das Untersilur, E gehört zum Obersilur, während F, ferner G und H zum Devon gerechnet werden.

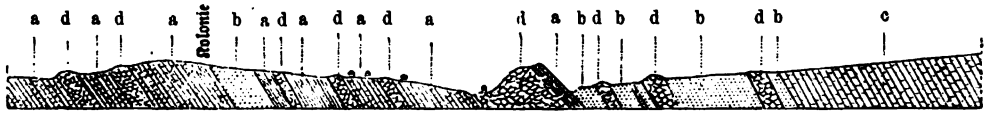
Auf der Grenze zwischen kambrischen und silurischen Bildungen treten vielfach außerordentlich ausgebreitete Diabaseruptionen mit ihren Tuffen auf und wiederholen sich mehrfach im Untersilur und im unteren Teile des Obersilurs. Die Gesteinszusammensetzung ist im allgemeinen einfach, das Obersilur ist vorwiegend kalkig, nur seine Basis bilden Graptolithenschiefer, während das Untersilur aus einem Wechsel von Thonschiefern, Quarziten und Sandsteinen besteht. Die große Hauptmasse der Fauna und ihre größte Formenmannigfaltigkeit gehört dem Obersilur an, während im Untersilur die Trilobiten immer noch die wichtigste Gruppe bilden, reich an Formen der Gattungen Acidaspis, Cheirurus, Dalmanites. Asaphus, Illaenus und Trinucleus. Man

Digitized by Google

zählt im unteren Silur etwa 160 Krustaceenarten, 40 Cephalopoden, 70 Muscheln und 125 verhältnismäßig spärlich auftretende Brachiopoden; die Zahl der übrigen Fossile ist noch nicht genau bekannt, aber keinesfalls sehr bedeutend. Es ist das im Vergleich zu der ungeheuern Fülle im oberen Silur und namentlich in E_2 eine ärmliche Fauna, die im ganzen kaum mehr als 500 Arten umfassen dürfte.

Wir müssen hier eine Erscheinung in den Silurablagerungen Böhmens besprechen, die von großer Tragweite für die Beurteilung der Faunenverhältnisse in jener Zeit ist, vielfache, zum Teil heftige Diskussionen erregt hat und noch heute Gegenstand weit voneinander abweichender Anschauungen ist. Es sind das die „Kolonien" von Barrande, nach der Auffassung dieses Gelehrten Einschaltungen von Kalkbänken und von Graptolithenschiefern mit wesentlich obersilurischer Fauna zwischen den Schichten der oberen Teile des Untersilurs (s. untenstehende Abbildung).

Als Barrande seine wichtigen Untersuchungen über die böhmischen Silurablagerungen begann, glaubte man noch vielfach, daß alle ihre Fossile gleichalterig seien, und daß die verschiedenen Kalke, Thonschiefer, Sandsteine ꝛc. nur zufällige petrographische Abänderungen ein und desselben Horizontes seien. Barrandes Auffassung wurde daher auch von mehreren Prager Geologen entschieden bekämpft, und als ein Hauptargument galt ein Fund, der innerhalb der Mauern



Durchschnitt durch eine Kolonie: a) Untersilur, b) obersilurischer Graptolithenschiefer, c) obersilurischer Kalk, d) Eruptivgesteine. (Nach Barrande.)

von Prag bei einem Straßenbau gemacht wurde. Man fand mitten zwischen den untersilurischen Schiefern der Etage D_4 eine nur wenige Zentimeter dicke Kalkbank mit einer vorwiegend obersilurischen Fauna, daneben aber einer Anzahl echt untersilurischer Trilobitenarten eingeschaltet. Es wurden damals große Massen dieser überaus wichtigen Fossile gesammelt; der Aufschluß selbst aber, nach Beendigung des Straßenbaues wieder verschüttet, ist heute unzugänglich. Leider kam auch die große Mehrzahl der Versteinerungen abhanden; die Sammlungen des Prager Museums sollten zufällig gerade während der stürmischsten Tage des Jahres 1848 in ein neues Gebäude gebracht werden. Die interessanten „Kolonialversteinerungen" waren in zwei Kisten verpackt und mit anderem Material auf einen Wagen geladen worden, der seinen Bestimmungsort nicht erreichte. Ein Volkshaufe, der dem Transport begegnete, fand die schweren Kisten für den Barrikadenbau geeignet, und so verschwanden jene wissenschaftlichen Schätze; nur wenige Exemplare, die zufällig nicht in jenen Kisten waren, wurden gerettet. Barrande selbst hatte ein nur ungefähr faustgroßes Stück des überaus versteinerungsreichen Kalkes erhalten, und es gelang ihm, daraus 15 verschiedene Arten herauszupräparieren, nämlich 4 typisch untersilurische und 4 obersilurische Trilobiten und 7 obersilurische Brachiopoden.

Dieses Vorkommen, von Barrande die „Kolonie Zippe" nach dem Namen des Entdeckers getauft, bildete den Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen. Hatte Barrande schon früher zwischen den Schiefern von D_5 Gesteinspartien gefunden, die ganz dem Graptolithenschiefer von E_1 entsprechen und auch dessen Fauna führen, und war er über die Deutung dieser in ihrer Lagerung nicht vollkommen klaren Vorkommnisse in Zweifel gewesen, so stand er jetzt nicht mehr an, sie ebenfalls als Kolonien zu deuten. Er nahm an, daß in Böhmen die Untersilurfauna noch existierte zu einer Zeit, wo in anderen Gegenden weiter nördlich schon die obersilurische Tierwelt zur Herrschaft gelangt war. Diese suchte nun auch das nach Barrandes Meinung etwas

Digitized by Google

abgeschlossene böhmische Becken zu okkupieren, es fanden Einwanderungen statt; sie fanden aber keine günstigen äußeren Verhältnisse und konnten sich daher nicht auf die Dauer halten, nicht allgemein ausbreiten, sie bildeten die Kolonien, die wieder verschwanden, bis endlich mit dem Beginn von E_1 die Einwanderer zur Alleinherrschaft gelangten.

Gegen diese Auffassung erhob sich weithin scharfer Widerspruch, und es hat sich auch thatsächlich gezeigt, daß die Einschaltung der Graptolithenschiefer zwischen untersilurische Grauwacken nur scheinbar ist und in Wirklichkeit durch tektonische Störungen hervorgerufen wird[1].

Dagegen darf man nicht an der Existenz der Kolonie Zippe zweifeln. Solange nicht neue Aufschlüsse die Frage zum Austrag bringen, können die von Barrande aufgestellten Gesichtspunkte nicht rundweg abgelehnt werden. Je mehr wir in das verwickelte Detail der historischen Geologie Einblick gewinnen, um so mehr Bedeutung müssen wir den Wanderungen der Faunen zuschreiben, um so weniger befremdlich werden die Vorstellungen von Barrande. In Böhmen findet auf der Grenze zwischen den Abteilungen D und E ein scharfer Facieswechsel statt, gleichzeitig damit erscheint unvermittelt und voll entwickelt die obersilurische Fauna, die offenbar hier nicht an Ort und Stelle entstanden, sondern von auswärts eingewandert ist. Jedenfalls also existierten schon obersilurische Typen außerhalb der böhmischen Area zu einer Zeit, als in dieser noch die untersilurische Fauna in voller Reinheit vorhanden war, und eine gelegentliche Einwanderung während kurz dauernder günstiger Verhältnisse (z. B. Vorhandensein kalkiger Ablagerungen in der Kolonie Zippe) konnte wohl stattfinden.

Kein anderes Gebiet in Europa hat außer den bisher besprochenen eine reiche Entwickelung des Silurs aufzuweisen; in Sachsen und Thüringen treten graptolithenführende Thonschiefer und Kieselschiefer auf, bei Sonneberg in Thüringen haben griffelförmig abgesonderte Schiefer einige untersilurische Trilobiten geliefert, auch im Fichtelgebirge finden sich silurische Graptolithenschiefer und bei Elbersreuth obersilurische Kalke.

Bedeutende Räume nehmen silurische Ablagerungen in den Alpen ein; doch ist hier ihre Unterscheidung von den jüngeren paläozoischen Bildungen einerseits und von den kristallinischen Schiefern vorkambrischen Alters anderseits mit so großen Schwierigkeiten verbunden, daß wir von einer ausreichenden Kenntnis noch ziemlich weit entfernt sind. In den Nordalpen erstreckt sich von Schwaz in Tirol bis an den östlichen Bruchrand des Gebirges zwischen der kristallinischen Zone im Süden und den jüngeren Kalkketten im Norden ein breiter Gürtel von häufig subkristallinischen Schiefern, Sandsteinen, Konglomeraten, Grauwacken mit untergeordneten Kalkeinlagerungen, der nach der gewöhnlichen Auffassung unter anderem auch die berühmten Eisenerzlagerstätten Steiermarks enthält, und dessen paläozoisches Alter schon lange erkannt war. In dieser sogenannten Grauwackenzone der Nordalpen hat zuerst Hauer in Dienten bei Werfen südlich von Salzburg silurische Versteinerungen nachgewiesen, die sich eng an solche der böhmischen Stufe E_2 anschließen. Auch in der Gegend von Vordernberg und Eisenerz sind silurische Versteinerungen gefunden worden; ein beträchtlicher Teil der nordalpinen Grauwackenzone dürfte daher der Silurformation angehören.

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse in den Karnischen Alpen. Hier ist das Untersilur durch eine 1500—2000 m mächtige Wechselfolge von bläulichen Thonschiefern, Grauwacken

[1] Dafür sprechen verschiedene Umstände: 1) treten Kolonialarten nur in den beschränkten Partien von Graptolithenschiefer auf, niemals finden sich auch nur isolierte Arten in den anstoßenden Gesteinen; 2) niemals gehen untersilurische Arten in die Kolonialgesteine; 3) Grenzbildungen, wo sich beide Formen mischen, werden nur in einem sehr zweifelhaften Falle citiert; 4) in den Kolonien, die in verschiedenen Horizonten von D_5 eingeschaltet sein sollen, lassen sich dieselben Graptolithenniveaus unterscheiden, in derselben Zusammensetzung und Reihenfolge, wie sie in E_1 auftreten.

Digitized by Google

und Quarziten mit spärlichen Einlagerungen von Kalkstein und mit Eruptivgebilden und tuffartigen Gesteinen vertreten, deren Grenze nach unten wenig scharf ausgesprochen, deren Fossilführung sehr spärlich ist. Das Obersilur besteht unten aus Graptolithenschiefern und darüber aus bunten Orthocerenkalken mit einzelnen Schiefereinlagerungen. Die ziemlich reiche Fauna verteilt sich auf zwei paläontologische Zonen und zeigt die vollkommenste Übereinstimmung mit dem böhmischen Obersilur.

Wie die Vorkommnisse in den Alpen, so schließen sich auch jene in Frankreich, Sardinien und auf der Pyrenäenhalbinsel eng an die böhmische Entwickelung an, ohne jedoch unserer Kenntnis wesentlich Neues hinzuzufügen. Außerhalb Europas ist die Silurformation in vielen Gebieten nachgewiesen worden (vgl. oben, S. 89), aber die Kenntnis dieser außereuropäischen Silurbildungen ist bisher noch sehr mangelhaft. Eine Ausnahme, allerdings der hervorragendsten Art, macht nur Nordamerika. Weite Verbreitung, große Mächtigkeit und außerordentlicher Fossilreichtum zeichnen das nordamerikanische Silur in solchem Maße aus, daß Nordamerika heute als das klassische Land des Silurs gelten kann. Ein großer Teil des weiten Gebietes zwischen dem Alleghanygebirge und Mississippi sowie von Britisch-Nordamerika besteht aus silurischen Schichten, und auch westlich vom Felsengebirge, im fernen Westen, treten sie in großer Verbreitung auf. Selbstverständlich ist die Entwickelung nicht überall in dieser weiten Area dieselbe, aber trotzdem bleiben die Grundzüge der Gliederung in der Hauptsache dieselben[1].

Aber auch vom europäischen Schema weicht die nordamerikanische Schichtfolge nicht so sehr ab, um einen Vergleich auszuschließen. Trotz der großen räumlichen Entfernung hat das nordamerikanische Silur mit dem nordeuropäischen eine ganze Reihe von Arten gemeinsam; und so erkennen wir, daß die Entwickelung der Faunen hüben wie drüben ziemlich gleichen Schritt gehalten hat.

Abgesehen von ihrer Versteinerungsfülle und ihrer reichen Gliederung werden die nordamerikanischen Ablagerungen namentlich dadurch von Bedeutung, daß in einem großen Teile des Gebietes die ganze Reihenfolge der Schichten in ungestörter Lagerung auftritt und zwar nicht nur die silurischen Bildungen, sondern ebenso darunter die kambrische und darüber die Devon- und Kohlenformation. Wir können daher hier in schönster Klarheit und Vollständigkeit die ganze Serie der paläozoischen Gebilde untersuchen und studieren, wie das in keinem anderen Teile der Erde, am wenigsten in Europa, möglich ist.

---

[1] Die Einteilung im Staate New York, von der die Gruppierung in anderen Gegenden nur unbedeutend abweicht, ist folgende:

I. Obersilur.

1) Waterlimegruppe, Zementkalke mit Eurypterus und Pterygotus.
2) Onondagosalzgruppe, gips- und steinsalzführende Ablagerung, sehr versteinerungsarm.
3) Niagaragruppe, Mergel und Kalke mit vielen Versteinerungen, dem englischen Wenlock entsprechend.
4) Clintongruppe
5) Medinasandstein
6) Oneidakonglomerat

Thonschiefer, Sandsteine und Konglomerate, ungefähr dem Llandovery entsprechend.

II. Untersilur.

7) Hudsonrivergruppe, Thonschiefer mit zahlreichen Versteinerungen.
8) Uticaschiefer.
9) Trentonkalk, mächtige dunkle Kalke, den Orthocerenkalken Skandinaviens und Rußlands entsprechend.
10) Blackrivergruppe
11) Birdseyekalk

cephalopodenreiche Kalke.

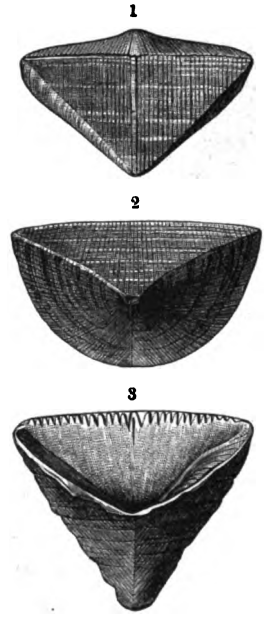
12) Chazygruppe, trilobitenführende Kalke mit Sandsteinen und Schiefern.
13) Calciferous Sandstone, kalkig-dolomitischer Sandstein, Übergangshorizont zum unterlagernden Kambrium.

Digitized by Google

Die Devonfauna.

Die devonische Formation hat ihren Namen von der Grafschaft Devonshire im südwestlichen England erhalten, wo Murchison die marinen Ablagerungen dieser Periode untersuchte und als den Typus eines selbständigen Abschnittes bezeichnete. Allerdings ist gerade hier die Entwickelung außerordentlich dürftig, und die Bezeichnung „Rheinisches Schiefergebirge" müßte bei der reichen Entfaltung dieser Gebilde in den Rheinlanden als viel passender betrachtet werden; trotzdem wäre es unpraktisch, einen so allgemein gebräuchlichen Namen durch einen anderen ersetzen zu wollen.

Die Tierwelt der devonischen Formation schließt sich der des Silurs aufs engste an; nur wenige wichtige Gruppen sind verschwunden oder stark vermindert, und von stark hervortretenden Typen, die hier neu erscheinen oder mächtig überhandnehmen, sind nur die Ammoniten und die Fische zu nennen. Wir werden uns daher mit einer kurzen Übersicht begnügen. Auch aus dem Devon kennen wir nur überaus dürftige Reste von Protozoen, die Schwämme treten in den Hintergrund, und erst die Korallen zeigen eine mächtige Formenmannigfaltigkeit. Wir finden auch hier Korallenkalke, die an die Riffbildungen der heutigen Tage erinnern; die Eifel, die Ardennen, Böhmen, Schlesien, die Umgebung von Graz in Steiermark, die Karnischen Alpen, einzelne Punkte im nördlichen Frankreich und südwestlichen England, endlich verschiedene Teile von Nordamerika liefern uns Beispiele dieser Entwickelung, in der, wie im Silur, die Tetrakorallien und Tabulaten in Verbindung mit Stromatoporen in erster Linie hervortreten. Die Verschiedenartigkeit der Formen ist geringer als im Silur, aber der gesamte Charakter ganz übereinstimmend. Nur eine Form aus dieser Abteilung verdient hier hervorgehoben zu werden, die Pantoffelmuschel, Calceola sandalina. Diese seltsame Form, bald unter die Muscheln, bald unter die Brachiopoden oder Korallen versetzt, mußte lange in den Systemen der Paläontologen ein unstetes Wanderleben führen, bis ihre Stellung bei den Korallen endgültig erwiesen wurde. Allerdings ist die auffallend regelmäßige Gestalt (s. obenstehende Abbildung) und das Vorhandensein eines Deckels, der durch Zähne mit der becherförmigen Zelle in Verbindung steht, für eine Koralle befremdend genug und war es noch mehr in früherer Zeit, als man unter ihnen sonst keine deckeltragenden Formen kannte. Seitdem aber sind Bindeglieder bekannt geworden; die Streifen auf der Außenseite verlaufen genau nach dem Wachstumsgesetz der Tetracorallia, und ein Dünnschliff läßt nach Waagen auch in der steinigen Ausfüllungsmasse im Grunde der Zelle die Sternleisten klar hervortreten.

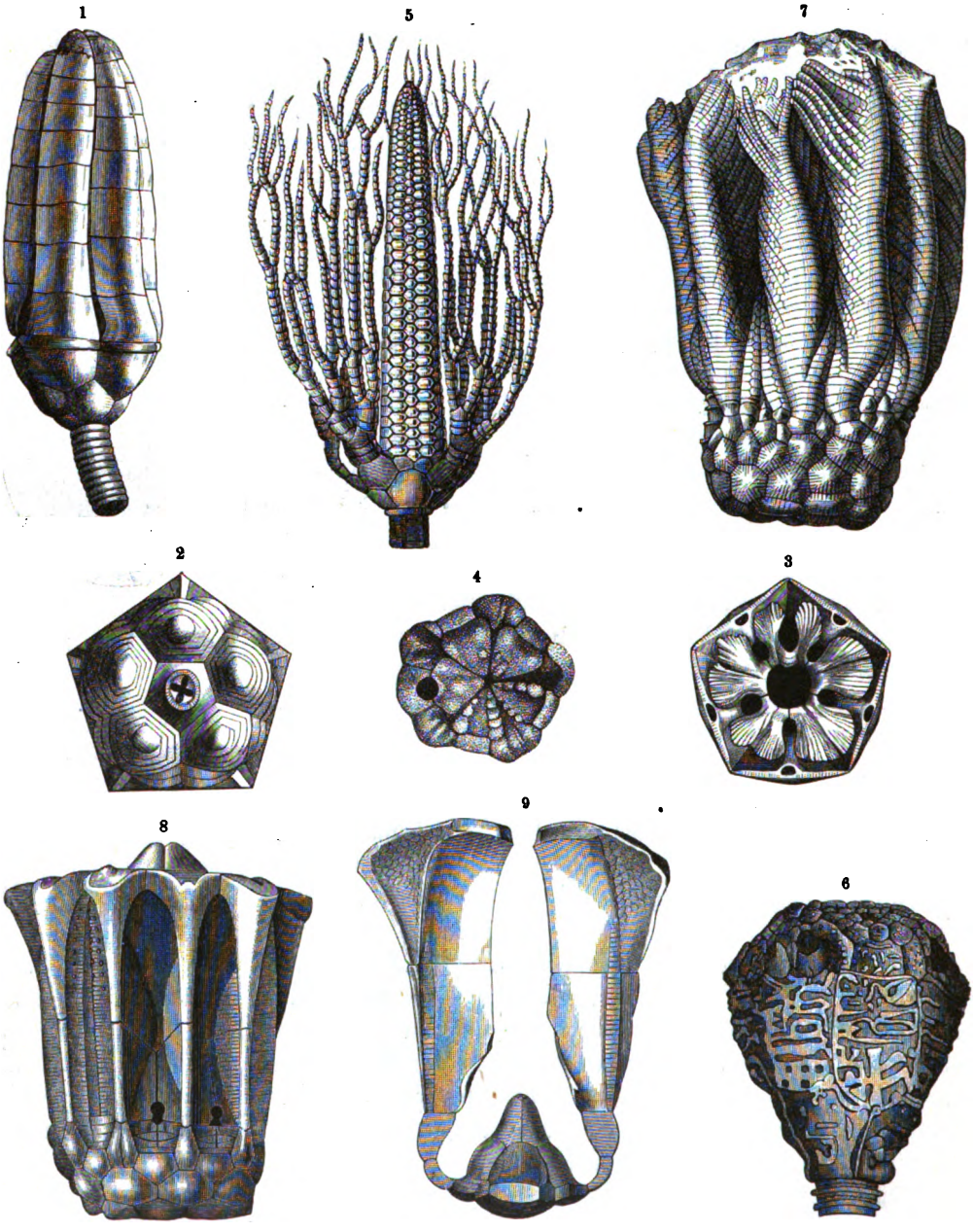


Calceola sandalina, aus dem mittleren Devon der Rheinlande: 1) mit Deckel von der Seite, 2) von unten, 3) ohne Deckel.

Die Graptolithen, die die Schichtflächen silurischer Schiefer zu Millionen überziehen und für die Gliederung der Ablagerungen von so großer Bedeutung sind, verschwinden mit dem Ende der Silurzeit. Nur wenige Exemplare im untersten Devon des Harzgebirges bilden die letzten vereinzelten Überreste. Unter den Echinodermen sind die Cystideen bis auf geringe Überbleibsel erloschen, die bisher schwach vorkommenden Blastoideen und Seeigel sind etwas besser vertreten, aber noch immer nicht in reicher Entwickelung, die Seesterne meist spärlich, nur Bundenbach hat eine große Menge davon in schwarzen Dachschiefer eingeschlossen geliefert. Lange Zeit waren

Digitized by Google

dieſe Funde wiſſenſchaftlich ohne Bedeutung, weil es nicht gelingen wollte, die Exemplare aus der zähen Schieferhülle zu befreien. Nachdem aber Methoden zu dieſem Behufe gefunden waren,



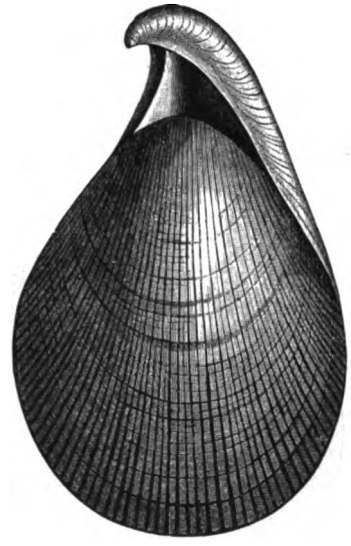
Devoniſche Krinoiden aus der Eifel: 1) Cupressocrinus inflatus, vollſtändige Krone; 2) Cupressocrinus abbreviatus, Kelch von unten, 3) derſelbe Kelch ohne die Arme von oben, mit dem ſogenannten Konſolidationsapparat; 4) Kelchdecke von Coccocrinus rosaceus; 5) Lecythocrinus Eifelianus; 6) Hexacrinus anaglypticus, Kelch ohne Arme; 7) Rhipidocrinus crenatus; 8) Eucalyptocrinus rosaceus, 9) derſelbe, idealer Durchſchnitt durch den Kelch. Vgl. Text, S. 68 u. 101.

gehören dieſe in goldglänzenden Schwefelkies verwandelten Seeſterne auf dem ſchwarzen Schiefergrund zu den herrlichſten Verſteinerungen, die wir überhaupt kennen. Ihre Unterſuchung durch

Digitized by Google

Stürtz hat interessante Aufschlüsse über den Bau der paläozoischen Seesterne gebracht. Die Krinoiden sind im Devon in voller Blüte und liefern eine Reihe der schönsten Typen: Cupressocrinus mit seinen kolossalen, aus wenigen großen Platten aufgebauten Armen und dem eigentümlichen Konsolidationsapparat im Inneren des Kelches, Eucalyptocrinus, dessen Kelch ein seltsam geformtes Fachwerk für die Aufnahme der Arme trägt, die eigentümlich verzierten Hexakrinen, Lecythocrinus, ferner die Cyathokriniden, Poteriokriniden, Actinokriniden, Platykriniden, Taxokriniden, Rhodokriniden, Melokriniden sind die hauptsächlichsten Vertreter ausgezeichneter Formen, die namentlich im mittleren Devon der Eifel in prachtvollen Resten auftreten (s. Abbildung, S. 100).

Über Würmer und Bryozoen ist wenig zu berichten, um so mehr von den Brachiopoden. Wohl infolge ihrer außerordentlichen Häufigkeit wählt man sie vielfach, um auf ihr Vorkommen die Einteilung der devonischen Ablagerungen zu begründen; vielleicht mit Unrecht, da sich diese Formen infolge ihrer unbeständigen Gestalt wenig als Leitfossile eignen. So groß aber auch die Formen- und Individuenmenge ist, so bleibt sie doch hinter jener im Silur etwas zurück; und namentlich unter den hornschaligen Formen und unter den Orthiden macht sich ein entschiedener Rückgang bemerkbar. Von den schon früher vorhandenen Gattungen spielen Streptorhynchus, Strophomena, Spirifer, Spirigera, Atrypa, Retzia, Chonetes und Rhynchonella eine bedeutende Rolle, während die neu auftretenden, spezifisch devonischen Geschlechter keine nennenswerte Artenzahl entwickeln. Unter diesen sind namentlich zwei für das mittlere Devon in hohem Grade charakteristisch und sehr verbreitet, nämlich Uncites (s. nebenstehende Abbildung), ein schon durch seine äußere Form leicht kenntlicher Spiriferide, und Stringocephalus (s. Abbildung, S. 102), ein Terebratulide mit verwickeltem inneren Gerüst, bei dem in der Jugend unter dem Schnabel ein großes Loch für den Durchtritt des Muskelstieles vorhanden ist, das sich mit zunehmendem Wachstum mehr und mehr verkleinert. Es sind schöne, stattliche Formen; Stringocephalus erreicht eine Größe, mit der nur wenige andere Brachiopoden konkurrieren können.



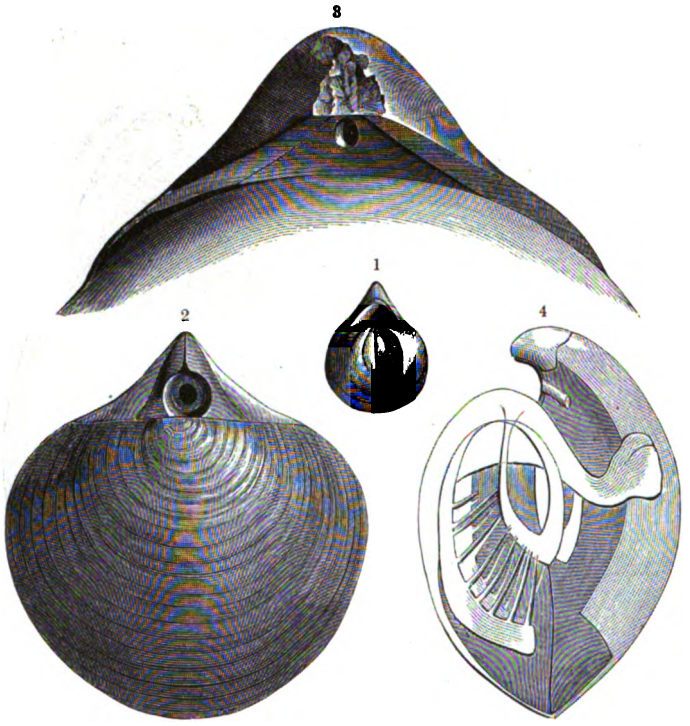
Uncites gryphus, aus mittlerem Devon von Paffrath bei Köln.

Unter den Mollusken bieten Muscheln und Schnecken kaum irgend welchen Anlaß zu Bemerkungen: der gesamte Typus weicht von dem des Silurs nicht wesentlich ab. Um so wichtiger sind dagegen die Unterschiede bei den Cephalopoden. Die Nautiliden, die allein in den silurischen Ablagerungen vorhanden waren und da eine staunenswerte Entwickelung erreichten, sind in den devonischen Ablagerungen schon stark im Rückgang begriffen. Orthoceras und Cyrtoceras, die herrschenden Gattungen im Silur, sind auch hier noch am häufigsten, aber ihre Artenzahl ist sehr stark vermindert; auch Gomphoceras und Phragmoceras sind bedeutend zurückgegangen, und von den ziemlich zahlreichen anderen Gattungen des Silurs ist die große Mehrzahl verschwunden. In aufsteigender Linie befindet sich nur die Gattung Nautilus selbst, und neu tritt Gyroceras hinzu, eine spiral aufgerollte Form, deren einzelne Windungen sich nicht berühren.

Einen Ersatz für die Abnahme der Nautiliden bietet die neu auftauchende Ordnung der Ammonitiden, die vom Devon bis zum Schluß der mesozoischen Zeit eine überaus wichtige Rolle spielt. Die große Mehrzahl der Ammoniten und unter ihnen alle geologisch alten und

Digitized by Google

ursprünglichen Typen sind wie ein Nautilus in einer Ebene spiral eingerollt; die Kammerscheidewände sind außer bei einigen der geologisch ältesten Formen gegen die Mündung zu konvex, der Sipho dünn, meist verkalkt und hart an der Außenseite gelegen und an der Stelle, wo er die Kammerscheidewand durchbricht, von einer meist ganz kurzen Siphonal-Tute begleitet. Man nimmt in der Regel an, daß bei allen geologisch alten Ammonitiden diese Tute, wie bei den Nautiliden, nach rückwärts, bei den jüngeren nach vorwärts gerichtet sei, und für die meisten Vorkommnisse dürfte das auch richtig sein, wenn es auch an einem Beweise für die allgemeine Gültigkeit dieser Regel fehlt und Übergänge zwischen beiderlei Bildungen vorkommen.

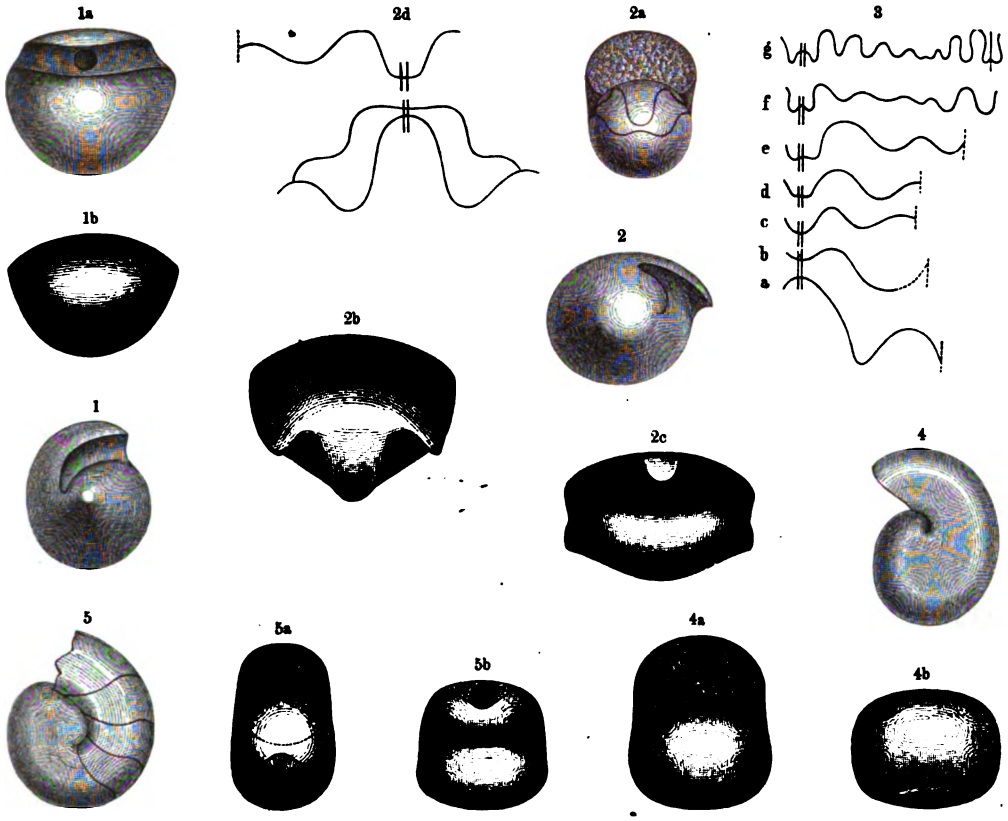


Stringocephalus Burtini, aus dem Mitteldevon von Paffrath bei Köln: 1) ganz junges Exemplar, 2) mittelgroßes Exemplar, 3) Schnabel eines sehr großen Exemplars, 4) Armgerüst. Vgl. Text, S. 101

So auffallend sich übrigens ein typischer, höher entwickelter Ammonit von einem Nautiliden unterscheidet, so schwierig wird eine Trennung bei den ältesten und ursprünglichsten Formen jener; weder die Lage, noch die Beschaffenheit des Sipho, noch die Kammerscheidewände geben ein sicheres Unterscheidungsmerkmal. Nur die Art und Weise des Schalenanfangs schien ein durchgreifendes Kennzeichen für die Trennung von Ammonitiden und Nautiliden zu bieten. Es ist das allerdings ein Merkmal, dessen Beobachtung mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Bei spiralig eingerollten Typen, wie bei den Ammoniten, bei Nautilus ꝛc., ist der Schalenanfang von allen später gebildeten Windungen umhüllt und dessen Präparation mit großer Mühe verbunden; bei den gestreckten oder nur gebogenen, aber nicht spiralig gerollten Formen dagegen ist der dünne Schalenanfang in der Regel abgebrochen und nicht erhalten. Gelingt es jedoch, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden und den winzigen Schalenanfang zu untersuchen, so findet man, daß er bei allen Ammoniten aus einer blasenförmig aufgetriebenen, spiralig gebogenen, nur bei wenigen geologisch sehr alten Vertretern einfach eiförmigen Anfangskammer von winzigen Dimensionen besteht (s. Abbildung, S. 103). Ganz anders verhält es sich mit den Nautiliden; hier ist die Anfangskammer bedeutend größer, ihre Gestalt ist flach kegel- oder schüsselförmig, und an ihrer Außenseite trägt sie eine eigentümliche, deutlich sichtbare Narbe (s. Abbild., S. 104). In Wirklichkeit ist aber diese Anfangskammer nicht das älteste und erste Schalengebilde, sondern es schieden die Larven zuerst eine mützenförmige Embryonalschale, die Protoconcha, ab, die in den meisten Fällen, in höherem Alter wahrscheinlich ausnahmslos, abgestoßen wurde und am Hinterende der ersten definitiven Kammer die Narbe hinterließ. In seltenen Ausnahmefällen ist es gelungen,

Digitized by Google

die Protoconcha noch am Gehäuse haftend nachzuweisen, und zwar bei Orthoceren der alpinen Triasformation in Gestalt eines geschrumpften, aber sonst glatten und vermutlich aus Conchiolin bestehenden Beutelchens, und bei einem Orthoceras aus dem nordamerikanischen Oberdevon als eiförmige, auffallend große, glatte und von der folgenden Kammer durch eine tiefe Einschnürung geschiedene Kalkschale. Eine Embryonalschale dieser Art ist von der Anfangskammer der einfachst organisierten Ammonitiden nicht wesentlich verschieden, und es scheint demnach die Ent-



Schalenanfänge (Embryonalschalen) und erste Kammerscheidewände von Ammonitiden in verschiedenen Stellungen: 1) Trachyceras erinaceus; 2) Phylloceras tortisulcatum, Schalenanfang und erste Kammerscheidewände; 2d) die drei ersten Suturen von Phylloceras tortisulcatum; 3a–g) Entwickelung der Suturen von Sageceras Haidingeri; 4) Goniatites (Beloceras) multilobatus; 5) Clymenia undulata. (Nach Branco.) Alle Abbildungen stark vergrößert. Vgl. Text, S. 102—105.

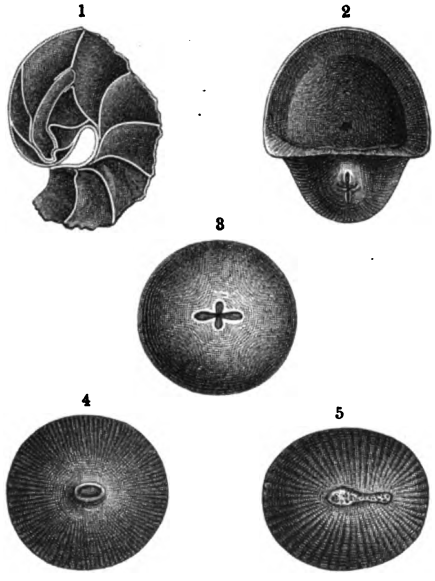
wickelung der Ammonitiden und der Nautiliden nur insofern voneinander abzuweichen, als bei jenen die Anfangskammer dauernd erhalten blieb, während sie bei diesen früher oder später, bei den geologisch jungen Formen wahrscheinlich in einem sehr frühen Entwickelungsstadium, unter Bildung einer Narbe abgestoßen wurde.

Wohl die wichtigsten, wenn auch etwas schwierig faßbare Charaktere bei den Ammoniten bildet die Form der Kammerscheidewände, speziell die Linie, wo jede an die Schalenwand anstößt, die Sutur- oder Lobenlinie. Wenn das Gehäuse unverletzt ist, so kann man natürlich von diesen in seinem Inneren gelegenen Teilen nichts sehen. Ist aber das Gehäuse mit Gesteinsmasse ausgefüllt, und sind dann dessen Schalenteile, wie es bei der Fossilisation so häufig geschieht, aufgelöst und verschwunden, haben wir einen Steinkern vor uns, dann treten auf dessen Oberfläche die Suturen ausgezeichnet hervor. Diese Suturlinie bildet nun bei den Ammoniten niemals

Digitized by Google

eine ganz einfache, quer über der Windung verlaufende Linie, sondern mehr oder weniger ausgesprochene Ausbuchtungen oder Winkel, wobei die nach rückwärts einspringenden Lappen als Loben, die dazwischen gegen die Mündung vorgreifenden als Sättel bezeichnet werden. Der allereinfachste Fall ist der, daß nur an der konvexen Außenseite des Gehäuses, an dem Sipho, ein einzelner Lobus auftritt; in der Regel jedoch gesellen sich zu beiden Seiten noch Loben und Sättel dazu, deren Zahl und Form von größter Bedeutung sind.

Hier begnügen wir uns damit, jene Punkte hervorzuheben, die für das Verständnis der geologischen Fragen unbedingt notwendig sind. Im großen und ganzen findet in den einzelnen Stämmen der Ammoniten eine übereinstimmende Umgestaltung der Suturen in der Weise statt, daß sie immer verwickelter und verzweigter werden. Bei den geologisch ältesten Formen bemerken wir nur eine wellige oder winkelige Biegung. In späterer Zeit treten Formen auf, wo die einzelnen Loben am Grunde gezahnt erscheinen, und bei dem dritten Stadium endlich sind Loben und Sättel ringsum gezackt, gezahnt oder ästförmig verzweigt (s. Abbildung, S. 105). In früherer Zeit faßte man diese drei Typen als Gattungen zusammen, man bezeichnete die einfach gebogenen Formen als Goniatiten, die nur am Grunde gezahnten als Ceratiten, die rings gezackten als Ammoniten und glaubte, daß diese Sippen streng an bestimmte geologische Abschnitte gebunden seien, so zwar, daß die Goniatiten die paläozoische Zeit, die Ceratiten die Trias, die Ammoniten Jura und Kreide charakterisieren.



Schalenanfänge (Embryonalschalen) von Nautiliden: 1 und 2) Nautilus pompilius; 3) Orthoceras mundum; 4) Orthoceras embryo; 5) Cyrtoceras fugax. (Nach Barrande u. Branco.) Vergrößert. Vgl. Text, S. 102.

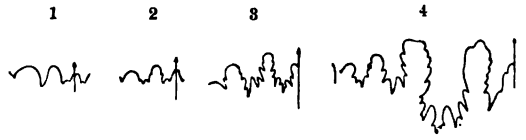
Diese Auffassung hat sich als vollständig irrig erwiesen; man faßt überhaupt unter den Namen Goniatites, Ceratites und Ammonites nicht natürliche Gruppen zusammen, sondern die auf gleicher Entwickelungshöhe stehenden Stadien der verschiedensten Stämme und Formenreihen. Ferner ist es nur im großen richtig, daß bei den Ammoniten eine stetig fortschreitende Komplikation der Loben eintritt; die einzelnen Abteilungen halten in der Entwickelung ihrer Suturen nicht gleichen Schritt, einzelne eilen voran, andere bleiben zurück; abgesehen davon, treten auch rückläufige Reihen auf, wo nach Erreichung einer gewissen Stufe wieder eine Vereinfachung des Lobenbaues, ja eine Rückkehr zum Goniatitenstadium stattfindet. Was endlich die geologische Verbreitung anlangt, so sind zwar die Ammonitiden der paläozoischen Zeit meist Goniatiten, aber es gibt daneben auch Formen im Ceratiten- und im Ammonitenstadium; die Ceratiten sind zwar der großen Mehrzahl nach in der Trias, aber daneben kommt eine noch viel größere Zahl von Typen rings gezackter und eine nicht unbeträchtliche mit einfach gebogenen Loben vor, und selbst in Jura und Kreide fehlt das Ceratiten- und Goniatitenstadium nicht ganz.

Die richtige Erkenntnis dieser Verhältnisse hat mit zwingender Notwendigkeit dahin geführt, die drei genannten Gattungen wenigstens in ihrer ursprünglichen Bedeutung aufzugeben und die ganze Formenmenge in eine große Zahl von Gattungen zu zerlegen. Schon nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse treten aus dem Gewirr der Formen zahlreiche Entwickelungsreihen

Digitized by Google

als zusammengehörig hervor, die wir vom einfachsten Goniatiten- bis zum vorgeschrittensten Ammonitenstadium verfolgen können, und offenbar wird unsere Einsicht in Abstammungs- und Entwickelungsverhältnisse der einzelnen Zweige der Ammonitiden in der Zukunft noch eine bedeutende Vertiefung erfahren. Im Devon erreichen goniatitische Formen eine große Verbreitung und Mannigfaltigkeit und gehören zu den bezeichnendsten Leitfossilen der einzelnen Abteilungen. Hier mag es genügen, auf die Abbildung, S. 106, hinzuweisen.

Neben den typischen Vertretern der Ammonitiden findet sich aber im Devon eine zweite abweichende Gruppe, die Gattung Clymenia (s. Abbildung, S. 107), die bei uns plötzlich und unvermittelt im obersten Devon auftritt. Bis vor kurzem kannte man diese formenreiche Gattung nur aus der obersten Zone des Oberdevons, und zwar nur aus dem eng begrenzten belgisch-rheinländischen Schiefergebirge, ferner aus dem Harz, aus Schlesien, aus der Umgebung von Graz und den Karnischen Alpen, endlich aus dem südwestlichen England und aus dem Ural. Natürlich konnte man nicht annehmen, daß die Clymenien in Wirklichkeit eine so geringe Verbreitung besaßen, sondern mußte voraussetzen, daß sie sich in anderen Meeresbecken entwickelt haben und von dort aus vorübergehend in die europäischen Meere eingewandert sind. In der That hat man im Staate New York unzweifelhafte Clymenien, und zwar schon im unteren Teile des Oberdevons entdeckt. Trotz dieses frühen Auftretens in Amerika scheint aber auch dieses Land nicht ihr eigentliches Entwickelungsgebiet zu bilden, da man sie doch sonst wohl in größerer Anzahl vorfinden müßte.



Zunahme der Loben-Komplikation eines Ammonitidenstammes: 1) Dimorphoceras Gilbertsoni, aus dem Karbon; 2) Thalassoceras varicosum, aus dem Perm; 3) Thalassoceras Phillipsi, aus dem Perm; 4) Acrochordiceras Damesi, aus der Trias. Die Pfeile deuten die Richtung nach der Mündung des Gehäuses an. (Nach E. Haug.) Vgl. Text, S. 104.

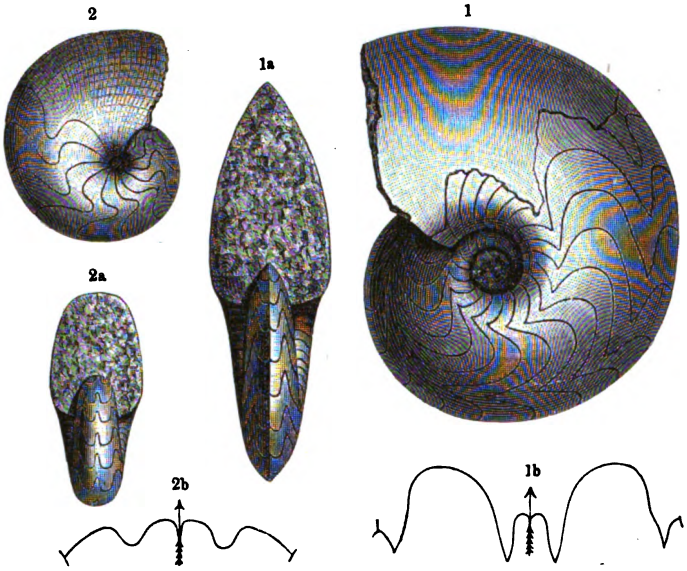
In der äußeren Erscheinung weichen die Clymenien von den übrigen Ammoniten nicht wesentlich ab; aber eine Präparation der äußerlich nicht sichtbaren Teile ergibt das Vorhandensein tiefgreifender Unterschiede. Der Sipho, bisweilen von langen, bis an die vorhergehende Kammerscheidewand reichenden Tuten begleitet, befindet sich nämlich hier an der inneren, konkaven Seite der Windungen, mithin in einer Lage, die der bei allen übrigen Ammonitiden entgegengesetzt ist. Hand in Hand damit tritt auch eine wesentliche Umgestaltung der Suturen ein. Statt des charakteristischen Lobus an der Externseite ist ein solcher konstant auf der Internseite an dem Sipho vorhanden, während sich auf der Externseite wechselnd bald ein Lobus, bald ein Sattel befindet.

Diese abweichenden Merkmale verursachten bedeutende Meinungsverschiedenheiten über die Bedeutung der Clymenien, die bald zu den Nautiliden, bald zu den Ammonitiden gestellt wurden. Entscheidend für diese Frage ist der Anfang der Schalenbildung, wie wir sie durch die Untersuchungen von Branco kennen; das Gehäuse besitzt eine blasige Anfangskammer, in der ersten Jugend ist ein Externlobus vorhanden, der Sipho liegt ganz an der Außenseite und rückt erst mit zunehmendem Alter an die konkave Innenseite der Windung (s. Abbildung, S. 103, Fig. 5). Mit anderen Worten, in der Jugend ist Clymenia ein typischer Ammonit und nimmt erst im Alter abweichende Merkmale an, wir müssen sie also als einen aberranten Seitenzweig der Ammonitiden betrachten. Merkwürdigerweise begegnet uns unter den echten Ammoniten ein ganz entgegengesetzter Fall, insofern als gewisse Formen in früher Jugend den Sipho auf der internen Seite der Windung tragen, ganz wie die ausgewachsenen Clymenien, und ihn erst im weiteren Verlauf der Entwickelung nach der Externseite in die für die Ammoniten charakteristische Stellung hinüberschieben.

Digitized by Google

Unter den Krustaceen ist ein entschiedener Rückgang der Trilobiten hervorzuheben; eine ganze Anzahl wichtiger Gattungen ist ausgestorben, und nicht eine einzige neue stellt sich ein; immerhin sind noch im ganzen über 200 verschiedene Arten vorhanden, von denen die Mehrzahl auf die Genera Dalmanites, Phacops, Homalonotus, Proëtus und Bronteus kommt. Die Eurypteriden sind noch in vollster Blüte, Ostrakoden und Ceratiocariden vielfach vertreten.

Ihren wichtigsten Charakter erhält die Devonfauna durch das Auftreten der Fische. Neben einzelnen, den heutigen nahestehenden Typen setzen meist fremdartige Gestalten diese uralte Fischfauna zusammen. In der Jetztzeit gehört die überwiegende Mehrzahl aller Arten der Ordnung der Teleostier oder Knochenfische an, z. B. alle die gewöhnlichen Typen: Hechte, Karpfen, Forellen, Lachse, Aale, Heringe, Sardellen, Kabeljaus ꝛc.; daneben sind etwas reichlicher nur noch die Selachier vertreten, Haifische und Rochen, während alle anderen Abteilungen: die Ganoiden oder Schmelzschupper, die Lungenfische, die Myxinoiden und die Lanzettfische, nur wenige Gattungen aufzuweisen haben. Ganz anders verhält es sich im Devon. Die Knochenfische fehlen hier noch vollständig, es bestanden hauptsächlich Selachier, Panzerfische und Ganoiden, und zwar in annähernd gleicher Stärke, ohne daß eine von diesen Gruppen so ausschließlich vorgeherrscht hätte, wie in der Jetztwelt die Knochenfische.

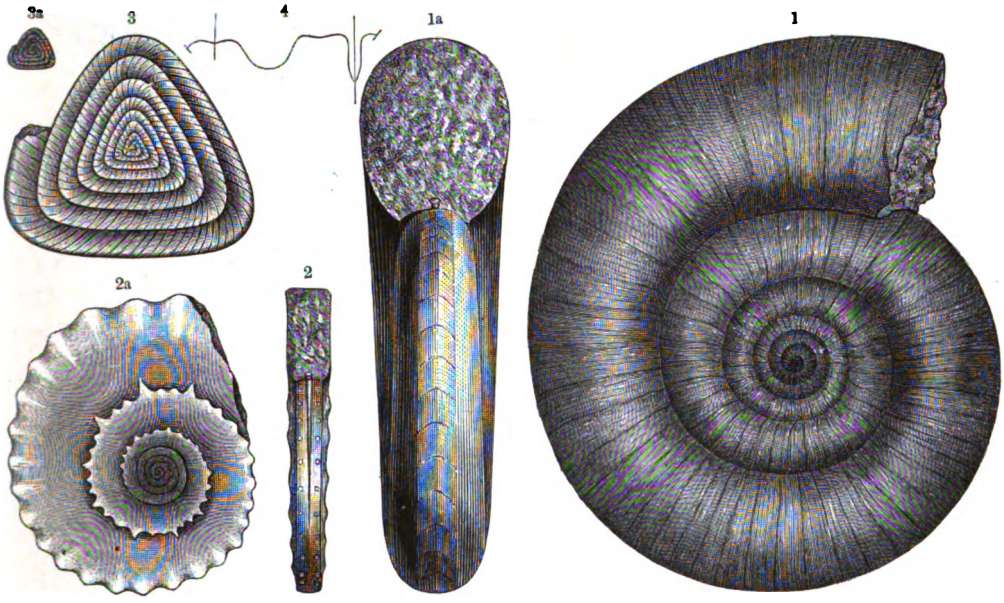


Devon-Goniatiten: 1) Manticoceras intumescens, 1a Frontansicht, 1b Lobenlinie; 2) Tornoceras simplex, 2a Frontansicht, 2b Lobenlinie. (Nach Römer.) Vgl. Text, S. 105.

Von den haifischartigen Selachiern liegen nur in äußerst seltenen Fällen vollständige fossile Überreste vor. Wirbelsäule und Schädel sind hier nicht verknöchert, sondern knorpelig und daher wenig erhaltungsfähig. Ebenso fehlt der Körperoberfläche an kräftigen Schuppen, statt ihrer finden sich zahllose mikroskopische Knochenkörner der Haut eingelagert, wodurch diese eine rauhe Beschaffenheit bekommt und das sogenannte Chagrin bildet, das bei fossilen Formen ebenfalls zerstört ist. Infolgedessen findet man in der Regel nur zweierlei Reste von haifischähnlichen Tieren, nämlich vereinzelte Zähne und jene oft kräftigen knöchernen Stacheln, die bei sehr vielen Formen am Anfang der Flossen stehen. Um so mehr Beachtung verdienen Reste, die einen größeren Teil des Körpers erkennen lassen, wie die trefflich erhaltenen Cladodus-Arten aus dem Clevelandschiefer von Ohio (s. Abbild., S. 108, oben). Mit Recht betrachtet man die Haifische als eine uralte Gruppe, denn schon zur Zeit des Oberdevon hatten sie die wichtigsten jener Merkmale erworben, die wir an geologisch jüngeren Vertretern als bezeichnend ansehen. Dies kommt nicht nur in Stellung und Bau der Flossen, sondern auch in Form und Lage des Kieferbogens und der Kiemenbögen und der Bezahnung deutlich zum Ausdruck; nebenher laufen altertümliche Merkmale (wie das Vorhandensein des knöchernen Augenringes), die die Zusammenfassung der alten Haifische unter einer Gruppe der Proselachier rechtfertigen.

Digitized by Google

Viel häufiger findet man wohlerhaltene und vollſtändige Reſte von Ganoidfiſchen, die in der heutigen Schöpfung durch die Störe, ferner durch den in den Flüſſen Afrikas lebenden Flöſſelhecht (Polypterus) ſowie in ſüßen Wäſſern Nordamerikas durch den Knochenhecht (Lepidosteus) und den Kahlhecht (Amia) und wenige andere vertreten ſind. Es ſind das die geringen Überreſte einer früher überaus formenreichen Gruppe, die in allen Gewäſſern, im Meere wie in Binnenbecken, verbreitet war und dieſelbe Stellung einnahm, die heute den Knochenfiſchen zukommt. Die entſcheidenden Merkmale, die die Ganoiden von den Teleoſtiern trennen, ſind allerdings in der anatomiſchen Beſchaffenheit der Weichteile, in der Entwickelung des großen vom Herzen ausgehenden Arterienſtammes, des Darmes, der Sehnerven gelegen und können daher bei den foſſilen Vorkommniſſen nicht beobachtet werden. Es macht ſich das in meſozoiſchen Ab-



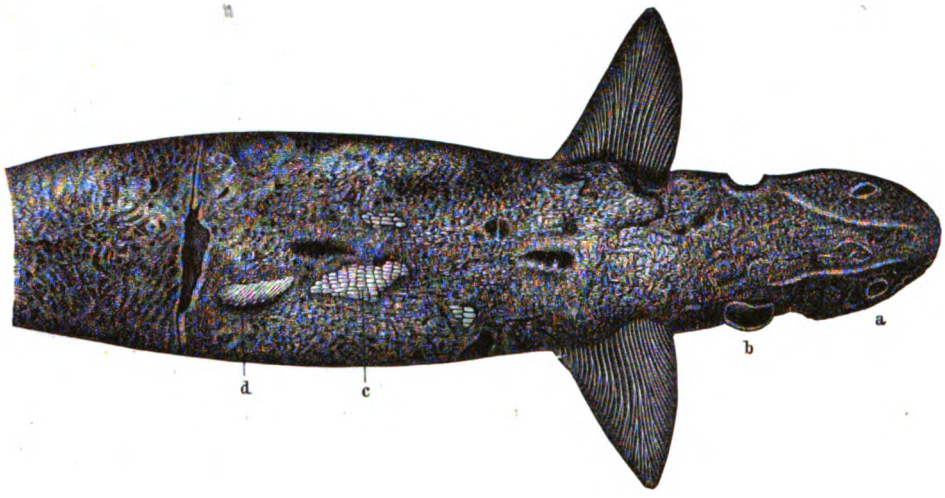
Clymenien aus ſchleſiſchem Oberdevon: 1) Clymenia undulata; 2) Clymenia binodosa; 3) Clymenia paradoxa; 4) Kammerſcheidewand von Clymenia undulata. (Nach Tietze und Römer.) Vgl. Text, S. 105.

lagerungen bei gewiſſen Übergangsformen unangenehm geltend, bei der großen Mehrzahl der Typen treten aber auch in der äußeren Erſcheinung ſo bezeichnende Eigentümlichkeiten bei den Ganoiden auf, daß eine Verwechſelung nicht möglich iſt. Vor allem ſind die Schuppen in hohem Grade charakteriſtiſch, indem ſie mit einer glatten, glänzenden Schmelzſchicht überzogen und meiſt von rautenförmigem, ſeltener gerundetem Umriß ſind. Es gilt das namentlich von den geologiſch älteren Formen, während z. B. in der Jetztwelt die Störe keine Schuppen, ſondern große, reihenförmig angeordnete Knochentafeln tragen. Eine andere, für viele Ganoiden bezeichnende Eigentümlichkeit beſteht in der Ausbildung der an der Vorderſeite mit kleinen, ſpitzen, dachziegelförmig angeordneten Stacheln (Fulcra) beſetzten Floſſenſtacheln.

Wir können in der allmählichen Entwickelung der Ganoiden die fortſchreitende Verknöcherung des bei den älteſten Typen noch ganz knorpeligen Skeletts beobachten. Bei manchen Typen allerdings, wie bei den Stören, iſt bis heute noch keine Verknöcherung eingetreten, bei anderen aber können wir die Fortſchritte dieſes Prozeſſes verfolgen: in der Wirbelſäule ſind es die Bogenſtücke und die mit ihnen verbundenen Dornfortſätze, die hierin vorangehen, während die Wirbelkörper noch ohne mineraliſche Bildung ſind; bei ſolchen Formen ſieht man dann bei guter

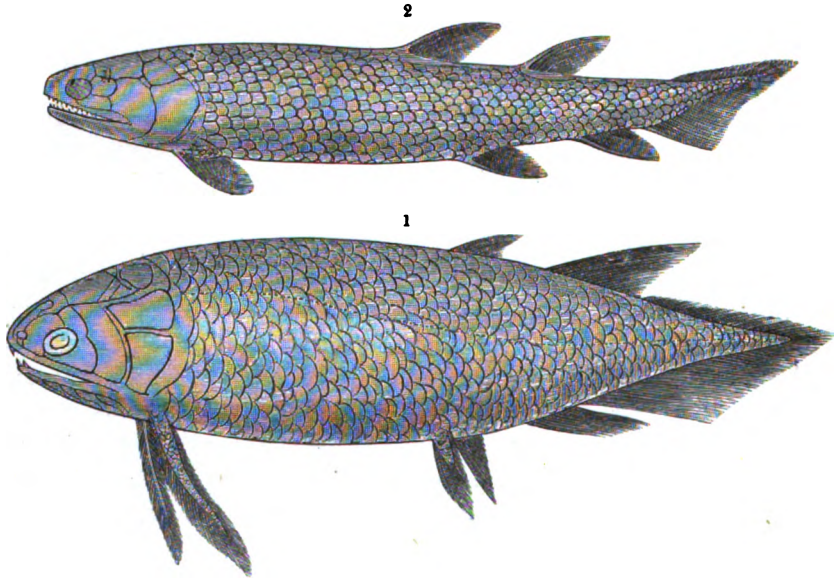
Digitized by Google

Erhaltung die oberen und unteren Fortsätze zu langen Reihen angeordnet, während die Wirbelkörper bei der Fossilisation verschwinden, infolgedessen zwischen den beiden Reihen der Fortsätze ein leerer Raum bleibt (vgl. den Schweif von Coccosteus, S. 109).



Cladodus Fyleri, aus dem Clevelandschiefer, Ohio: a) Augenhöhle, b) Kiemendeckel, c) polyedrische Inkrustationen des knorpeligen Innenskeletts, d) verkalkte Muskelbündel. (Nach Newberry u. O. Jäkel.) 1/4—1/5 wirkl. Größe. Vgl. Text, S. 106.

Eine weitere Eigentümlichkeit der meisten geologisch älteren Ganoiden besteht in der Ausbildung der Schwanzflosse, die in der Regel ungleichlappig (heterocerk) ist, und bei der der obere



1) Holoptychius; 2) Osteolepis. (Nach Traquair.) Vgl. Text, S. 109.

Lappen das Ende der Wirbelsäule ganz aufnimmt. Bei den Stören hat sich diese Ausbildung bis in die Gegenwart erhalten, während bei vielen der jüngeren Ganoiden die beiden Lappen gleich (homocerk) sind und sich das Ende der Wirbelsäule wie bei den Knochenfischen nur ganz unbedeutend gegen oben aufkrümmt.

Digitized by Google

Unter den Ganoiden ist namentlich die eigentümliche Familie der Krossopterygier stark vertreten, bei denen die paarigen Brust- und Bauchflossen, die Analoga der Arme und Beine bei den höheren Wirbeltieren, mit einem schuppentragenden Schafte versehen sind. Diese heute durch den Flösselhecht der afrikanischen Flüsse repräsentierte Abteilung zählt im Devon eine Menge ausgezeichneter Vertreter. Hierher gehören die stattlichen Holoptychius und Glyptolepis mit großen, gerundeten, durch erhabene Linien verzierten Schuppen, Diplopterus und Osteolepis mit rautenförmigen Schuppen und eine Reihe anderer (s. Abb., S. 108, unten). Endlich schließen sich hier die sogenannten Ktenodipterinen an, deren Bezahnung aus großen, dreieckigen Zahnplatten besteht; sowohl in der Gestalt dieser als in den übrigen Merkmalen haben diese Formen, z. B. die Gattung Dipterus (s. Abb., S. 110, oben), große Ähnlichkeit mit den jetzt lebenden Lungenfischen und namentlich mit dem in den Flüssen der australischen Kolonie Queensland vorkommenden Ceratodus und dürfen bestimmt als deren Vorfahren betrachtet werden.

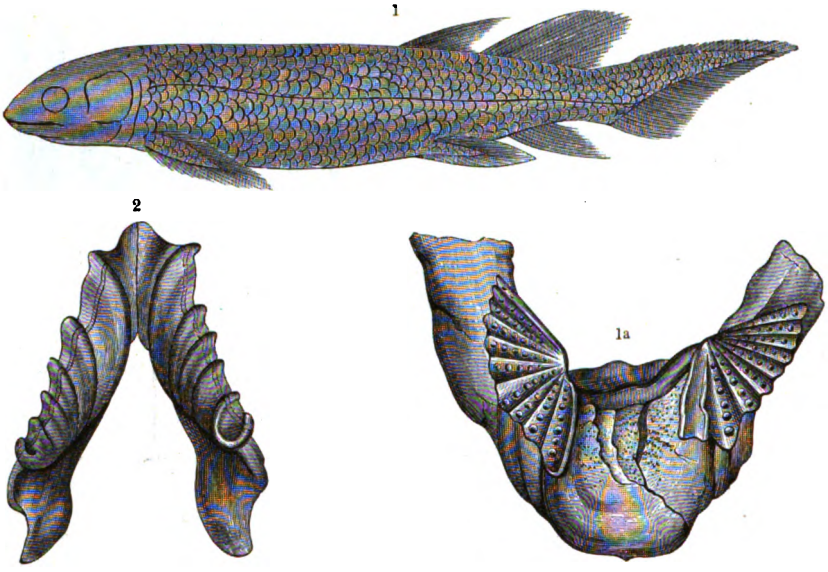
Eine für den Paläontologen im höchsten Grade interessante Formengruppe bilden die kleinen Fische aus den Gattungen Acanthodes und Chiracanthus, die durch ihre auf der Außenseite des Kopfes gelegenen unbedeckten Kiemen an die Embryonen der jetzigen Fische erinnern. Noch bemerkenswerter werden sie dadurch, daß sie Bindeglieder zwischen zwei sonst scharf voneinander geschiedenen Abteilungen, den Haien und den Ganoiden, darstellen. An dem knorpeligen Kopfe sind die Augen stark nach oben gerückt, die Schuppen sind zwar rautenförmig, aber so überaus klein, daß sie an die Chagrinkörner in der Haut der Haifische erinnern, und die an allen Flossen vorhandenen Stacheln ohne Fulcra (s. Abbild., S. 110, unten). Außerdem nähern noch andere Eigenschaften die Gattung Acanthodes den Haifischen, so daß sie direkt zu den Haifischen gerechnet worden ist.

Wenn diese Formen bei allem wissenschaftlichen Interesse, das sie bieten, äußerlich auf den ersten Blick wenig auffallend und fremdartig vorkommen mögen, so vereinigt die Gruppe der Panzerfische oder Plakodermen wohl die abenteuerlichsten Fischformen, die jemals gelebt haben. Sie sind alle durch das Vorhandensein mächtiger Knochenplatten ausgezeichnet, die entweder den ganzen Kopf und Rumpf mit einem festen Küraß umschließen, oder nur die Oberseite des Kopfes bedecken. Bei Cephalaspis ist dieser von einem mächtigen, halbkreisförmigen

Coccosteus. Vgl. Text, S. 108 u. 111.

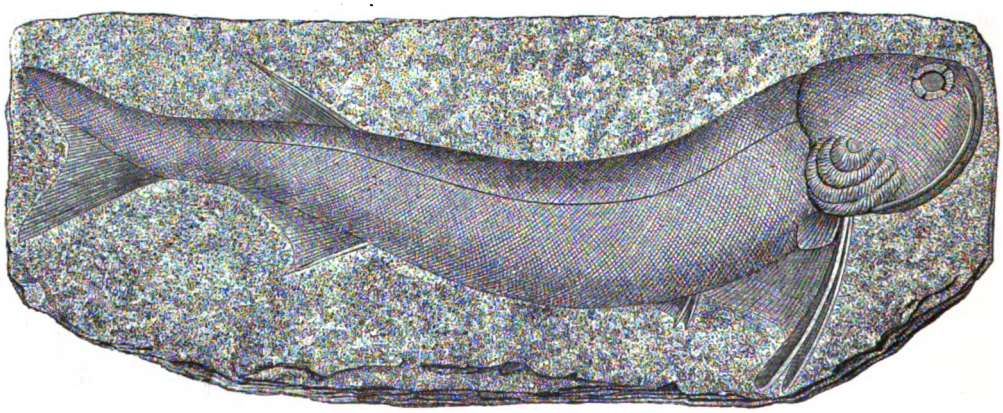
Digitized by Google

Schilde gedeckt, der gegen hinten in Hörner ausgezogen ist, und in dessen Mitte dicht nebeneinander die Öffnungen für die Augen stehen. In grellem Mißverhältnis zu dieser gewaltigen Entwickelung befindet sich der schmächtige Körper, der vorn mit ziemlich großen, länglichen, hinten am Schwanze mit kleinen, rautenförmigen Schmelzschuppen bedeckt war (s. Abbildung, S. 111, oben).



1) Dipterus Valenciennesi, aus dem alten roten Sandstein von Schottland: 1a) seine Kauplatten; 2) Kauplatten des lebenden Ceratodus. (Nach Traquair.) Vgl. Text, S. 109.

Noch eigentümlicher sind die Pteraspiden, deren Reste die verschiedensten Deutungen als innere Knochen von nackten Cephalopoden, als Krebspanzer und endlich als Schilder von Plakodermen erfahren haben (s. Abbildung, S. 111, unten). Bei ihnen sind Kopf und Rumpf von

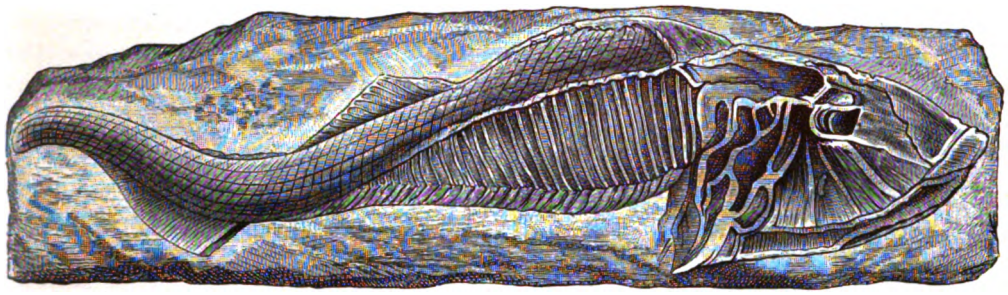


Acanthodes. Das abgebildete Exemplar stammt aus der Kohlenformation. (Nach F. Römer.) Vgl. Text, S. 109.

oben und von unten durch je eine große, ovale, gewölbte Panzerplatte gedeckt, während der Schwanz mit ziemlich kleinen Ganoidschuppen bekleidet gewesen zu sein scheint. Lange Zeit hatte man die Zusammengehörigkeit der beiden großen Brust- und Rückenschilder nicht erkannt und sie als verschiedene Gattungen, die einen als Scaphaspis, die anderen als Pteraspis oder Cyathaspis, beschrieben, bis Kunth die Zusammengehörigkeit beider nachwies.

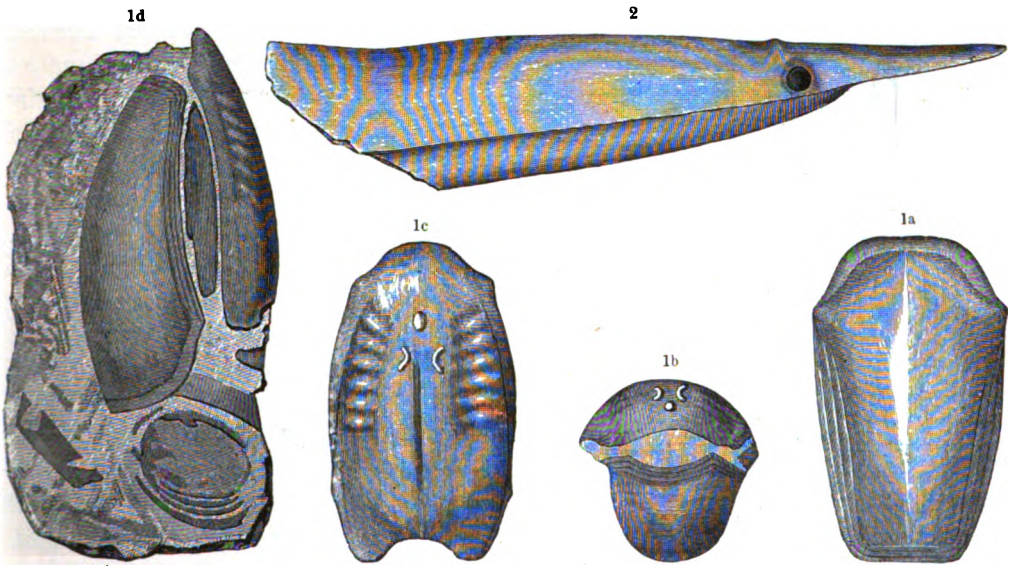
Digitized by Google

Auch bei den Pterichthyiden, vertreten namentlich durch die kleinen Pterichthys, den ziemlich stattlichen Coccosteus und den mächtigen, mit scharfem Gebiß ausgestatteten Dinichthys, ist der ganze Kopf und Rumpf kräftig geharnischt, aber diese Rüstung aus einer größeren Zahl streng gesetzmäßig angeordneter Platten zusammengesetzt. Einige Platten, kleiner als die übrigen, bilden den „Helm", der den Kopf schützt, während der Panzer des Rumpfes aus wenigen



Cephalaspis Lyelli. Vgl. Text, S. 110.

großen Stücken besteht. Dessen Oberfläche ist mit kleinen, erhabenen Punkten übersäet, von denen nach allen Seiten sternförmig kurze Linien ausstrahlen, eine Verzierung, wodurch selbst



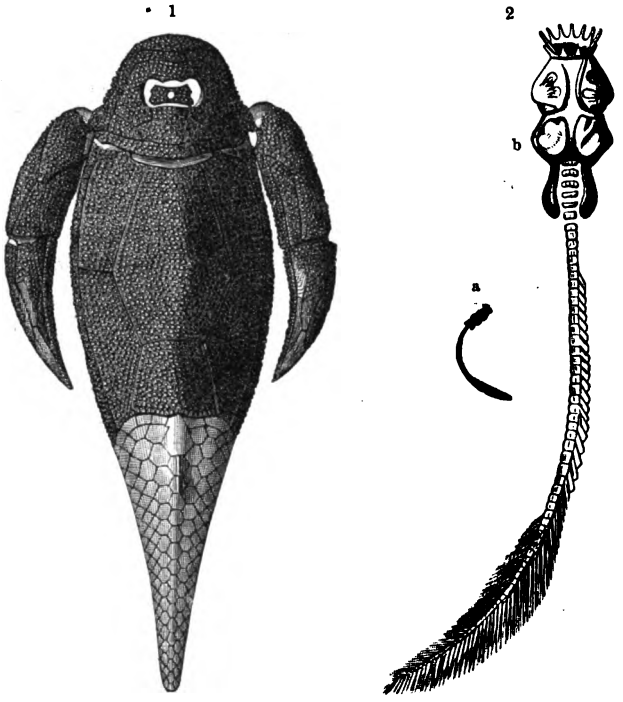
1a—1d) Pteraspis, aus einem silurischen Diluvialgeschiebe von Berlin: 1a) von unten, 1b) von vorn, 1c) von oben, 1d) von der Seite (nach Kunth); 2) Pteraspis, aus dem Devon von Ostgalizien (nach Alth). Verkleinert. Vgl. Text, S. 110.

kleine Bruchstücke dieser Platten leicht kenntlich werden (Asterolepis). Bei Pterichthys sind am Vorderteil zwei kräftige, säbelförmige Brustflossen eingelenkt, die ebenfalls vollständig gepanzert sind, während der Schwanz schwache Ganoidschuppen trägt (s. Abbildung, S. 112, Fig. 1). Bei Coccosteus fehlen die starken Brustflossen, und der Schwanz war, wie es scheint, ohne alle Beschuppung (s. Abbildung, S. 109). Bei gewöhnlicher Erhaltung ist er ganz verschwunden, nur bei ganz besonders schönen Exemplaren sieht man die verknöcherten Dornfortsätze der Schwanzwirbel zu zwei Reihen angeordnet und, an sie anschließend, die Knochenstrahlen der unpaarigen Rücken- und Afterflosse.

Digitized by Google

Bei allen Panzerfischen finden wir einen ganz auffallenden Gegensatz zwischen dem großen, mächtig beschirmten Vorderteil und dem schmächtigen, höchstens schwach beschuppten Hinterteil, und es muß das wohl mit der Lebensweise dieser Tiere zusammenhängen. Nach Analogie gewisser jetzt lebender Formen dürfen wir annehmen, daß sie, mit dem Hinterteil in Schlamm und Sand eingewühlt, am Boden des Wassers ruhig auf Beute lauerten; beim Angriff eines anderen Tieres war daher nur der vordere Teil zunächst der Gefahr ausgesetzt und bedurfte eines Schutzes, während dies bei dem Schwanze nicht der Fall war.

Die devonische Fischfauna ist seit kurzem durch eine zwar kleine, aber höchst merkwürdige Form aus dem roten Sandstein von Achanarras in Schottland bereichert worden. In einer Reihe der wichtigsten Merkmale zeigt dieses Palaeospondylus genannte Fischchen eine auffallende Übereinstimmung mit einer der niedrigst organisierten Gruppen der Fische, den Cyclostomen oder Rundmäulern der heutigen Schöpfung. Wie diese, besaß auch Palaeospondylus (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 2) eine knorpelige Schädelkapsel, in der bestimmt unterscheidbare Verknöcherungen nicht erkennbar sind, ferner eine mit Fransen besetzte ringförmige Öffnung an der Stirn des Kopfes, die lebhaft an den Saugmund der Rundmäuler erinnert. In Übereinstimmung mit diesen Formen fehlten die paarigen Flossen vollständig; dagegen war eine ganz gleichgebildete unpaare Schwanzflosse vorhanden. In der Scheide des Rückenstranges sind wohl ringförmige Anlagen der Wirbelzentra erkennbar, so daß die Gliederung des Rückenstranges etwas stärker angedeutet erscheint als bei den gegenwärtigen Formen; doch würde dies die Zugehörigkeit des Palaeospondylus zu den Rundmäulern nicht ausschließen. Daß Fische von so niedriger Organisationsstufe in sehr alten Ablagerungen vorkommen müssen, ist eine Forderung der Abstammungslehre, die wir hier erfüllt sehen. Wir betrachten die parasitischen Rundmäuler, die Neunaugen, Lampreten ꝛc. der Gegenwart, als eine rückgebildete Gruppe. Die etwas stärkere Verknöcherung der Schädelkapsel und der Scheide des Rückenstranges bei Palaeospondylus wäre dahin zu deuten, daß diese Rückbildung zur Devonzeit noch nicht so weit getrieben war, wie bei den lebenden Vertretern der Gruppe. Daß sich diese kleinen wurmartigen Fischchen durch die unendlich langen Zeiträume der geologischen Formationen ziemlich unverändert bis in die Gegenwart erhalten konnten, mag wunderbar erscheinen; aber gerade weil diese Formen so unscheinbar sind und teilweise parasitisch lebten, mochten sie den Verfolgungen anderer Tiere leichter entgangen sein.



1) Pterichthys. Vgl. Text, S. 111. 2) Palaeospondylus Gunni (nach R. Traquair): a) in nat. Größe, b) stark vergr. Aus dem Old red von Achanarras.

Etwas weniger dürftig als beim Silur sind die aus dem Devon bekannten Reste der Festlandsorganismen: aus vielen Gegenden, besonders aus Nordamerika, werden zahlreiche

Digitized by Google

Landpflanzen erwähnt, deren hohes Entwickelungsstadium auffällt. Man kennt nicht nur Baumfarne, ferner die den Schachtelhalmen ähnlichen Calamarien und die den Bärlappgewächsen verwandten Sigillarien und Lepidodendren, sondern selbst Koniferen, und von diesen sowohl Stämme mit wohlerhaltener Struktur, als auch zahlreiche und verschiedenartige Samen. Viele Pflanzenreste des Devons sind wohl nur dürftig bekannt, aber die erwiesene Mannigfaltigkeit der Formen spricht dafür, daß die Flora schon im Devon nahezu dieselbe Organisationshöhe erreicht hatte, wie in der darauf folgenden Periode. Weil die Reste aus der Kohlenformation unvergleichlich zahlreicher und vollkommener erhalten sind, werden wir erst bei Besprechung dieser Formation auf die paläozoische Flora eingehen. Nur den Psilophyton genannten Typus wollen wir hier erwähnen, da er dem Devon eigentümlich zu sein scheint. Es ist dies eine zartstammige, dichotomisch verzweigte, aus einem filzigen Rhizom hervorwuchernde Pflanze mit pfriemenförmigen, kurzen und bisweilen rudimentären Blättern und spindelförmigen Fruktifikationen, die zu zwei oder mehreren an dünnen Ästchen hängen. Zuerst aus dem Oberdevon von Nordamerika beschrieben, wurde diese wohl zu den Bärlappgewächsen gehörige Pflanze auch in England, am Rhein und in Böhmen nachgewiesen.

Von den Tieren des festen Landes zur devonischen Zeit wissen wir überaus wenig. Funde von Landkonchylien sind nicht sichergestellt. Dagegen haben die devonischen Ablagerungen von Neu-Braunschweig in Britisch-Nordamerika Insekten geliefert, allerdings nur Spuren der dürftigsten Art: Fetzen der geäderten Flügel von Netzflüglern und verwandten Formen, deren sichere Deutung kaum möglich ist. Außerdem werden vereinzelte Reste von Tausendfüßern erwähnt. Diese Funde zeigen nur, daß die Festländer jener Zeit Tierleben beherbergten. Sich aber aus jenen dürftigen Fragmenten auch nur eine annähernde Vorstellung von der Beschaffenheit der damaligen Landfauna zu machen, ist noch nicht möglich.

Entwickelung und Verbreitung des Devons.

Weitaus das wichtigste Devonterrain in Europa ist das der Rheinlande, das eine Fläche von mehreren hundert Quadratmeilen zu beiden Seiten des Stromes einnimmt und sich von da noch weithin nach Belgien und Nordfrankreich fortsetzt. Taunus, Hunsrück, Hochwald, Soonwald, Idarwald, Eifel, Westerwald, Sauerland und Hohes Venn sind innerhalb der deutschen Grenzen ganz oder größtenteils aus hierher gehörigen Gesteinen zusammengesetzt, und eine ähnliche Rolle spielen sie in der westlichen Fortsetzung im französisch-belgischen Ardennengebiet. In allen Gegenden ist trotz mancher Abweichungen die Entwickelung in der Hauptsache doch übereinstimmend. Das Unterdevon besteht mit geringen Ausnahmen aus ziemlich versteinerungsarmen Quarziten, Thonschiefern, Sandsteinen und Grauwacken mit wenig verbreiteten Einlagerungen von Kalk, wo das organische Leben etwas reicher hervortritt. In innigen Beziehungen stehen manche dieser Bildungen, namentlich im Gebiete des Taunus, mit echt kristallinischen Schiefern. Es konnten diese merkwürdigen Verhältnisse bei Besprechung der kristallinischen Schiefer als Beispiel für die Umwandlung der Gesteine unter dem Einfluß der gebirgsbildenden Kräfte hervorgehoben werden, ein um so bemerkenswerteres, als gerade diese Verhältnisse für die Theorie derartiger Umwandlungen zum Ausgangspunkt geworden sind.

Den untersten Horizont des rheinischen Unterdevons bilden versteinerungsarme Quarzite, die Taunusquarzite, die nur an einigen Lokalitäten eine aus wenigen Arten bestehende Fauna geliefert haben; darüber folgen mächtige Thonschiefer mit dünnen, ebenen Ablösungsflächen, die vielfach als Dachschiefer ausgebeutet werden, die Hunsrückschiefer, und über diesen das

Digitized by Google

Hauptglied des rheinischen Unterdevons, die sogenannte Koblenzer Grauwacke oder der Spiriferensandstein, eine mächtige Schichtfolge von Grauwacken, Quarziten, Sandsteinen und Thonschiefern, die unter allen devonischen Ablagerungen weitaus den größten Flächenraum bedecken. Leider sind auch diese Gebilde verhältnismäßig arm an organischem Leben, die Exemplare sind an manchen Stellen in Menge aufgehäuft, aber die Zahl der Arten ist nur gering. Überdies ist das Studium der Formen dadurch wesentlich erschwert, daß die Fossile ziemlich ausnahmslos ihre Schalen verloren haben und man nur Steinkerne und Abdrücke findet. Zu den häufigsten gehören ein sonderbarer, in die Breite gezogener, „geflügelter" Brachiopode, Spirifer macropterus, und eine Koralle aus der Abteilung der Tabulaten, Pleurodictyum problematicum (s. die Abbildung, S. 60). Sie ist eine Form aus der Abteilung der Tabulaten, mit breiten, niedrigen Kelchen, deren Wandungen durch grobe Poren miteinander in Verbindung stehen. Da wir es nun mit Ausfüllungsmassen zu thun haben und die Kalkteile des Korallenstockes verschwunden sind, so sehen wir nicht becherförmige Kelche vor uns, sondern deren zapfenförmige Ausfüllungen durch Gesteinsmasse, und die Zwischenräume zwischen den einzelnen Zapfen entsprechen den früher vorhandenen Zellwänden. Zwischen den einzelnen Zapfen sieht man zarte, fadenförmige Gesteinsverbindungen verlaufen, die Ausfüllung der Poren in den Zellwandungen. Besonderes Interesse verleiht diesen Korallenstöcken der Umstand, daß sich an ihrer Basis fast immer die Röhre eines Gliederwurmes, einer Serpula, vorfindet. Wir müssen hier einen Fall von sogenanntem Kommensalismus annehmen, jener eigentümlichen Hausgenossenschaft, wie wir sie in der Jetztzeit mehrfach zwischen Angehörigen ganz verschiedener Abteilungen des Tierreiches finden: der noch ganz kleine Wurm setzte sich zwischen den ersten Zellen der jungen Pleurodictyum-Kolonie fest, und beide wuchsen in gleichem Tempo fort, ohne daß der Wurm nötig hatte, eine der Zellen zu beschädigen. Auf diese Weise können wir einen zufälligen Einblick in den Haushalt von ein paar uralten Geschöpfen gewinnen, eine Szene uralten Tierlebens belauschen, die sich vor ungezählten Millionen von Jahren abgespielt hat.

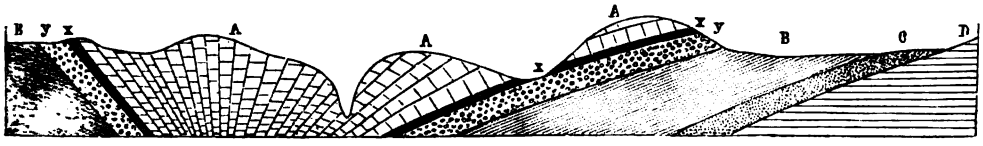
Über den Koblenzer Grauwacken, innerhalb deren sich verschiedene Horizonte unterscheiden lassen, folgen Kalke mit Spirifer cultrijugatus und einer Mischfauna unter- und mitteldevonischer Formen, der Abschluß des Unterdevons gegen oben. Schon in dieser Zone wird an Stelle der Sandsteine die Kalkfacies vorherrschend, die nun im Mitteldevon zu einer ungleich reicheren Entwickelung führt. Wohl ist auch diese Stufe in einem Teile des Gebietes, namentlich in Westfalen und Nassau, durch ziemlich fossilarme Schiefer und Sandsteine, die Lenneschiefer, vertreten, aber in dem größten Teile des Areals erscheint das Mitteldevon in der fossilreichen Entwickelung der Eifler Kalke. Namentlich die Fülle der Brachiopoden, Krinoiden und Korallen ist wahrhaft bewundernswert. Die untere Hälfte der Eifler Kalke ist durch das Vorkommen der Calceola sandalina, jener gedeckelten Koralle, ausgezeichnet und wird nach deren Vorkommen geradezu Calceola-Niveau genannt, während die Oberregion durch den gewaltigen Stringocephalus Burtini, der der Schichtgruppe den Namen gegeben hat, ferner durch Uncites gryphus, Megalodus cucullatus ꝛc. charakterisiert ist. Auf der Grenze zwischen beiden Abteilungen zeigt sich an vielen Punkten der Eifel eine etwa 10 m mächtige Schicht (s. die auf S. 115 stehende Skizze), die fast ganz aus einem lockeren Haufwerk von Krinoidenbruchstücken, Korallen, Brachiopoden ꝛc. besteht und durch die Menge ihrer schönen Versteinerungen, namentlich der Krinoiden, bemerkenswert ist. Überhaupt gehören dem Eifler Kalk eine ganze Reihe jedem Sammler bekannter Fundorte an, wie Gerolstein, Kerpen, Prüm und andre in der Eifel, während speziell für die Stringocephalenkalke die schönsten Lokalitäten auf der rechten Seite des Rheins bei Köln in der Nähe von Bensberg (Paffrath ꝛc.) liegen. An anderen Orten, z. B. bei Brilon in Westfalen, tritt derselbe Horizont in Form roter Eisensteine mit ausgezeichneten Fossilen auf, unter denen zahlreiche

Digitized by Google

Brachiopoden und mehrere Goniatiten, alle noch mit einfachen Suturen und ungeteiltem Siphonallobus (Nautilini), hervorragen.

In der Gegend von Dillenburg und Wildungen ist das Mitteldevon durch dunkle Thonschiefer vertreten; bei Wissenbach enthalten sie zahlreiche verkieste Versteinerungen: die Wissenbacher Schiefer. Die stratigraphische Stellung dieser Schiefer scheint nach E. Kayser eine ältere und eine jüngere Fauna erkennen zu lassen, die beide dem Mitteldevon angehören.

Das obere Devon mit seinen häufig fossilreichen Ablagerungen zerfällt in zwei Hauptabteilungen, von denen die untere durch Goniatiten mit einfachen Suturen, aber doch schon mit geteiltem Siphonallobus, ferner durch Rhynchonella cuboides ausgezeichnet ist. In der oberen Hälfte des Oberdevons herrschen dagegen Goniatiten von komplizierterem Lobenbau vor, es treten die sogenannten Cypridinenschichten auf, mit zahllosen Schälchen mikroskopischer Muschelkrebse, ferner die sogenannten Kramenzel, knollige Nierenkalke. Weitaus die wichtigste und merkwürdigste Erscheinung aber bildet die seltsame Ammonitidengattung Clymenia (s. Abbildung, S. 107).



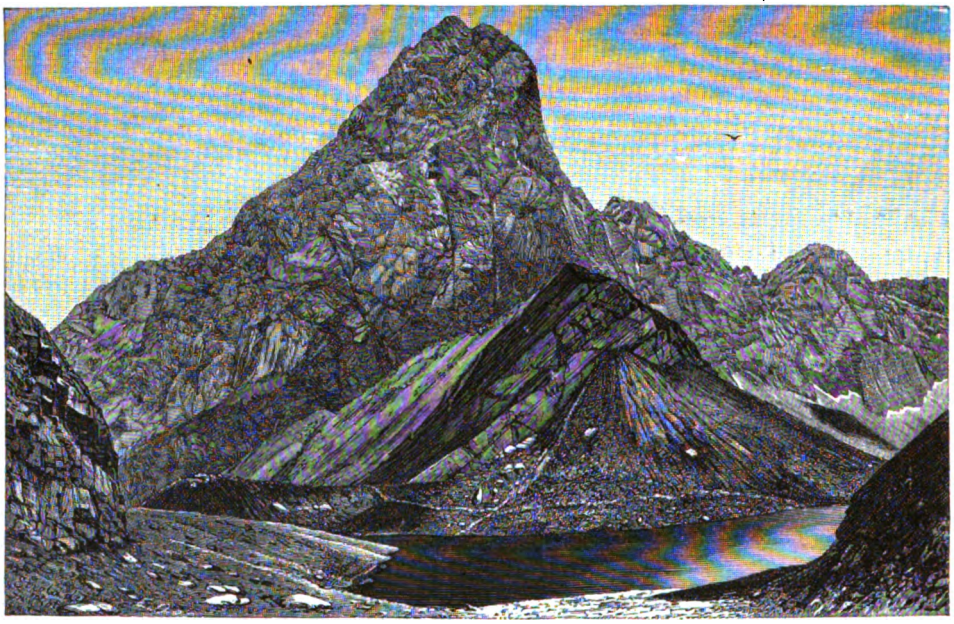
Durchschnitt durch das Mitteldevon der Eifel: A) Stringocephalenschichten, x) Krinoidenschicht, y) Korallenschicht, B) Calceola-Schichten, C) Schichten mit Spirifer cultrijugatus, D) unterdevonische Grauwacke. (Nach E. Kayser.)
Vgl. Text, S. 114.

Die Entwickelung des Devons im rheinischen Gebiet und die mit ihr nahe verwandten Vorkommnisse im französisch-belgischen Areal geben uns der Hauptsache nach ein richtiges Bild von dem Auftreten der Formation in den übrigen Teilen Europas. Die Ablagerungen im Oberharz, mit ihren Goniatiten- und Clymenienschichten, mit ihren mitteldevonischen Kalken und Schiefern und den unterdevonischen Grauwacken, die Goniatiten- und Clymenienkalke in Thüringen und im Fichtelgebirge, die Clymenienkalke Schlesiens, der Stringocephalenkalk der Vogesen, das Devon Mährens, die alpinen Clymenienkalke der Umgebung von Graz, sie alle und eine Menge anderer Gebilde lassen sich leicht mit ähnlichen Ablagerungen des rheinischen Systems in Übereinstimmung bringen. Schwierigkeiten bereitet dagegen die Gliederung des Devons im Unterharz, wo es durch versteinerungsarme und einförmige Schiefer, Sandsteine, Quarzite und Kieselschiefer vertreten ist. Erst als durch E. Kayser der Nachweis erbracht war, daß der sogenannte Hauptquarzit der Koblenzer Grauwacke gleichzustellen sei, konnten die darüberliegenden Schichten, also die Oberen Wieder Schiefer, der Hauptkieselschiefer, der Zorger Schiefer und die Elbingeröder Grauwacke dem Mitteldevon, die darunter liegenden Unteren Wieder Schiefer und die Tanner Grauwacke dem Unterdevon zugerechnet werden. Die Unteren Wieder Schiefer nun enthalten linsenförmige Kalkstöcke, die sogenannten Hercynkalke, deren Bedeutung erst durch den Vergleich ihrer reichen Versteinerungen mit gewissen böhmischen, bisher für oberfilurisch gehaltenen Faunen hervortrat. Namentlich die böhmische Schichtgruppe F (vgl. S. 95), die fossilreichen Korallen- und Krinoidenkalke von Konieprus ꝛc. enthalten eine beträchtliche Anzahl von Formen, die mit Hercynarten identisch sind; da nun die Hercynkalke nach ihrer stratigraphischen Stellung in das Unterdevon fallen, so mußte auch die böhmische Etage F und natürlich auch die darüberliegenden Schichtgruppen G und H dem Devon beigesellt werden. So eröffnete sich ein unerwarteter Ausblick auf eine bisher ganz verkannte, für silurisch gehaltene Ausbildungsform des Devons: Rifkalke mit Korallen und Krinoiden und cephalopodenreiche Knollenkalke sehen wir eine reiche

Digitized by Google

Fauna von Trilobiten, ferner Cephalopoden, eigentümliche Gasteropoden aus der Gruppe der Capuliden, zahlreiche Brachiopoden und Zweischaler enthalten, die der Fauna der Sandsteinfacies des Unterdevons fremd gegenüberstehen, sich dagegen eng an obersilurische Typen anschließen.

Diese Ausbildungsform des Devons gewann noch mehr an Interesse, nachdem man sie auch in den Alpen als herrschend erkannt hatte. Das Entwickelungsgebiet der „Hercynfauna" war das alpin-böhmische; unmerklich geht hier die Silurformation in das Devon über, und so zeigt auch die Fauna eine ununterbrochene Entwickelung und viele Anklänge an das Silur. Zu wiederholten Malen schwärmte diese Fauna in das nördliche Gebiet aus, um sich eine Zeitlang und immer nur an einzelnen Punkten, wo die Verhältnisse ihr Fortkommen ermöglichten, als echte Kolonien in der Fremde zu erhalten, ohne aber zu einer dauernden Besiedelung zu füh-



Riffkalk der Karnischen Alpen: Seekopf und Wolayer See. (Nach F. Frech.) Vgl. Text, S. 117.

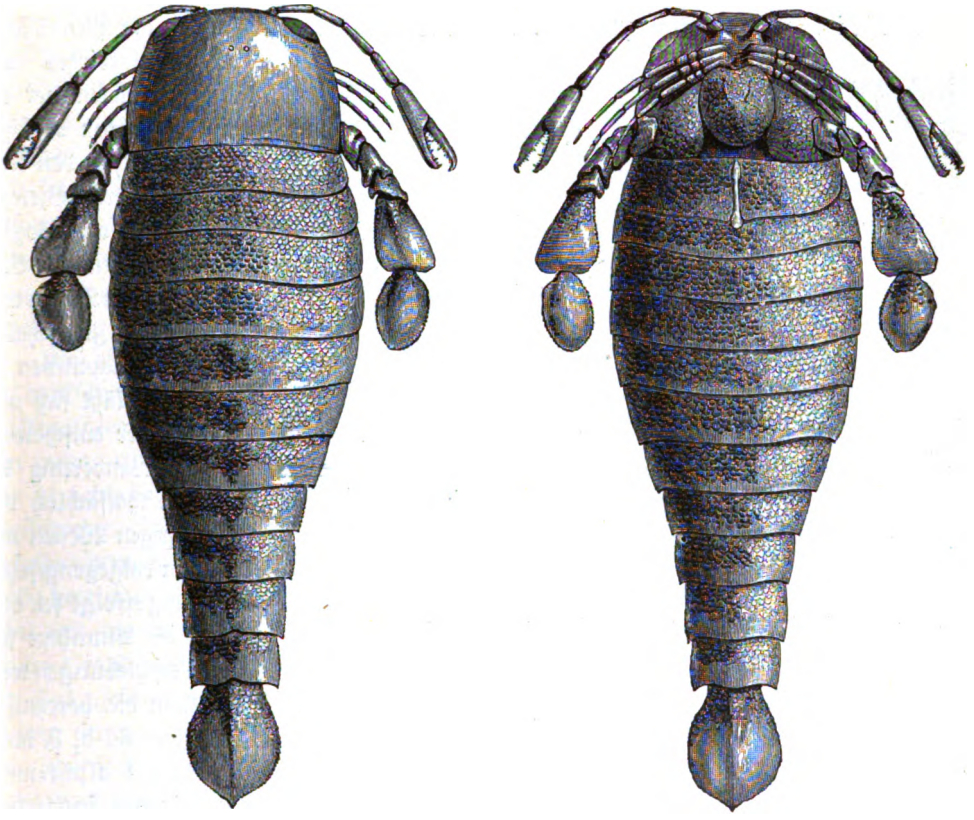
ren. Solche Kolonien von südlichen Formen sind nicht nur im Harz, sondern auch in der Rheingegend, z. B. bei Greifenstein und Wildungen, nachgewiesen worden; auch die schon genannten mitteldevonischen Wissenbacher Schiefer enthalten in gewissen Kalklinsen hercynische Typen, die auch in Erbray in Nordfrankreich, in Cabrières im Languedoc und im südlichen England bekannt sind; ja selbst in Nordamerika hat man Spuren davon verfolgt.

In Böhmen besteht die Devonformation zu unterst aus dunkeln Kalken und aus den schon genannten, überaus fossilreichen Korallen- und Krinoidenkalken von Konieprus (Barrandes Etagen F_1 und F_2). Darüber folgen hellgraue oder grünliche, bisweilen rot gefleckte, plattige oder knollige Kalke mit vielen Cephalopoden, Bivalven und Trilobiten (G_1), ferner dunkle Tentaculitenschiefer (G_2), über denen sich abermals Knollenkalke von derselben Beschaffenheit wie unterhalb einstellen (G_3). Den Abschluß der Formation bilden dunkle, sandige Schiefer (H) mit Psilophyton, jener eigentümlichen, zu den Lycopodiaceen gehörigen Landpflanze, die namentlich im nordamerikanischen Devon heimisch ist. So verschiedenartig ist diese Entwickelung von der rheinischen, daß strenge Gleichstellungen nicht durchführbar sind. Man betrachtet

Digitized by Google

die Schichtgruppen F_1 und F_2 als unterdevonisch, die obere Partie von F_2, die sogenannten Mnenianer Kalke, und G_1 bilden die Basis des Mitteldevons, G_2 und G_3 entsprechen ungefähr den Calceola-Schichten, H_1 und H_2 den Stringocephalenschichten des Mitteldevons.

Das alpine Devon enthält die Fauna der Etage F in der Gegend von Eisenerz, namentlich aber haben die Karnischen Alpen und die Karawanken eine bemerkenswerte Entwickelung des Devons ergeben. Wie in Böhmen ist auch hier der Übergang vom Silur zum Devon ganz allmählich. Nur die unterste und die oberste Zone des südalpinen Devons besteht nach F. Frech aus Cephalopodenkalken; die dazwischenliegenden Horizonte werden durch einen über 1200 m



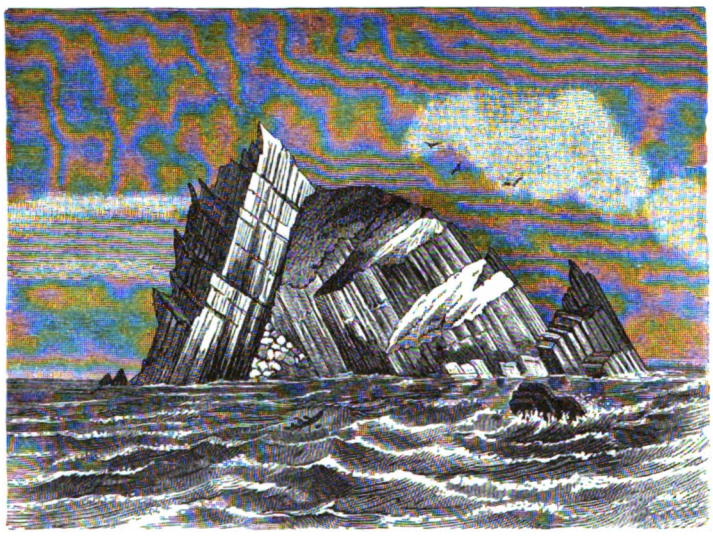
Pterygotus anglicus, aus dem alten roten Sandstein Schottlands, stark verkleinert. (Nach Woodward.) Vgl. Text, S. 119.

mächtigen, ungeschichteten weißen Korallenrifffkalk vertreten, der eins der wichtigsten Elemente der karnischen Hochgebirgslandschaften ist (s. Abbildung, S. 116). Die organische Struktur dieser Kalkmasse ist wahrscheinlich durch dynamische Vorgänge verwischt. Nur an wenigen Punkten findet man Versteinerungen, an einzelnen allerdings in außerordentlicher Menge; namentlich die Fauna von F_2 ist in überraschender Vollständigkeit nachgewiesen worden. Dynamometamorphose ist übrigens auch im Unterdevon erkennbar, dessen bunter thonreicher Kalkstein am Bladener Jöchl in Kalkphyllit umgewandelt ist. In den tiefsten Schichten des Unterdevons ist Beloceras bemerkenswert, ein verhältnismäßig hoch entwickelter Goniatit mit zahlreichen Loben, dessen Verwandte am Rhein erst im Oberdevon vorkommen. Auch in jüngeren Formationen, namentlich im Jura, treten im alpinen Gebiet viele Cephalopoden früher auf als in Mittel- und Nordeuropa. In den höheren Partien enthält der weiße Rifffkalk mitteldevonische Versteinerungen,

Digitized by Google

ohne daß es möglich wäre, in der einheitlichen Kalkmasse eine scharfe Grenze zwischen Unter- und Mitteldevon zu ziehen. Die mitteldevonischen Formen zeigen schon eine deutliche Annäherung an die rheinländische Fauna, und dasselbe gilt von den über dem Riffkalk folgenden oberdevonischen Brachiopoden- und Clymenienkalk.

Beruht nun diese eigentümliche alpin-böhmische Ausbildung des Devons, und zwar namentlich der Unterstufe dieser Formation, auf provinzieller Verschiedenheit, oder liegen nur Faciesunterschiede vor, wie ursprünglich angenommen wurde? Wo die Verhältnisse im Meere der Devonzeit die Ablagerung gewisser Kalke und die Ansiedelung gewisser Korallen zuließen, da sollte, so meinte man, die „hercynische" Fauna erscheinen; die eigentliche Heimat dieser Fauna sei ja im Osten, im Ural, zu suchen. In der That tritt das Unterdevon am Westabhang des Uralgebirges mit den Merkmalen der alpin-böhmischen Ablagerungen auf; in den Kalken am oberen Bjelaja-Fluß und bei Bogoslowsk kommen die Brachiopoden von Konieprus, böhmische Zweischaler, zahlreiche Capuliden ꝛc. vor. Das läßt sich nun zwar schwer entscheiden, ob die Wanderung der Formen thatsächlich von Osten gegen Westen und nicht in entgegengesetzter Richtung erfolgt sei, aber schon die Annahme solcher Verschiebungen weist auf das Vorhandensein provinzieller Differenzierung des Tierlebens hin. Kam die hercynische Fauna aus dem Ural nach Westen oder umgekehrt, so ist sie jedenfalls heterotopisch, d. h. durch provinzielle, und nicht heteropisch, d. h. durch Faciesunterschiede bedingt. Da das alpin-mediterrane Gebiet dieselbe Sonderstellung gegenüber Nordeuropa schon zur Silurzeit innegehabt und auch in den späteren Perioden in gleicher Weise behauptet hat, so wird man die Unterschiede zwischen der alpin-böhmischen und der nordeuropäischen Entwickelung des Devons nicht sowohl abweichenden Faciesverhältnissen als hauptsächlich der Zugehörigkeit zu verschiedenen tiergeographischen Provinzen zuschreiben.



Alter roter Sandstein, diskordant auf oberem Silur, von Sibyl Head an der englischen Küste. (Nach Murchison.) Vgl. Tet, S. 119.

Ein wesentlich anderes Bild bietet die Devonformation in Großbritannien. Im südwestlichen Teil von England finden wir zwar normale marine Ablagerungen, die sich von den rheinischen hauptsächlich durch große Dürftigkeit der Faunen unterscheiden; gerade dieser verkümmerte Ausläufer aber bildet den historischen Typus der Devonformation. Im übrigen Teil von England, in Schottland und Irland jedoch treten an Stelle mariner Schichten ungeheure Massen von rotem Sandstein auf, der alte rote Sandstein, old red sandstone oder kurzweg „Old Red". Die Mächtigkeit dieser einförmigen Bildung wird in England auf mehr als 3000 m angeschlagen; Reste von zweifellosen, ausschließlich marinen Tieren fehlen hier vollständig, dagegen kommen zahlreiche Fische, große Eurypteriden, vor allen der riesige Pterygotus

Digitized by Google

anglicus (s. Abbildung, S. 117) und Landpflanzen vor. In manchen Gegenden bilden die Sandsteine des Old Red die unmittelbare Fortsetzung des Obersilurs, das in seinen höchsten Lagen die bezeichnenden Eigentümlichkeiten des Old Red in solcher Vollkommenheit aufweist, daß zwischen Silur und Devon nur eine künstliche Grenze gezogen werden kann (vgl. S. 92). Man unterscheidet meist eine untere und eine obere Abteilung: wie die untere in das Silur übergeht, so führt die obere allmählich in das Steinkohlengebirge; beide aber sind durch eine Diskordanz der Schichten getrennt. In Schottland dagegen ruht das Devon ungleichförmig über den gefalteten und denudierten Schichten des Silurs und der archäischen Bildungen (s. Abbild., S. 118).

Die Versteinerungen des Old Red, namentlich der Mangel echt mariner Typen, lassen keinen Zweifel darüber aufkommen, daß die Ablagerung dieser merkwürdigen Facies unmöglich im offenen Meer entstanden sein konnte. Vielfach wird denn auch angenommen, daß die Bildung dieser Sandsteine in große Binnenseen mit süßem oder wenig gesalzenem Wasser zu verlegen sei. Man hat sogar die Lage dieser Seen nachzuweisen gesucht: aus dem Walliser See setzten sich die roten Sandsteine von Wales und den angrenzenden Teilen von England ab, aus dem Kaledonischen See die Bildungen im mittleren Schottland und in Irland, dem Orkadischen See entsprechen die Ablagerungen im nördlichsten Schottland, auf den Orkney- und Shetlandinseln, und außerdem werden noch einige kleine Seen unterschieden. Dem Orkadischen See sollen möglicherweise auch die Fragmente von wahrscheinlich devonischen Sandsteinen und Konglomeraten angehören, die im südlichen Norwegen auftreten.

Um die Bedeutung des Old Red ganz würdigen zu können, muß man über die Grenzen der britischen Inseln hinausgreifen. Ähnliche Bildungen treten in den russischen Ostseeländern, in Ostgalizien, ferner in Nordamerika und auf Spitzbergen auf; das sind aber dann keine Binnenseen mehr. Eher ließe sich an ein sehr großes seichtes Binnenmeer denken, das mit dem Ozean nur in beschränkter Verbindung stand und dem Fortkommen echt mariner Lebensformen ungünstig war. Die großen Ströme, die das grobklastische Material zur Bildung der Sandsteine herbeibrachten, mochten auch eine teilweise Aussüßung dieser Flachseeregion bewirkt haben. Zeitweilig herrschten übrigens normal-marine Verhältnisse, wie die Wechsellagerung der roten Sandsteine mit marinen Brachiopodenschichten in Rußland beweist; an einzelnen Stellen desselben Gebietes fand sogar eine Konzentrierung des Salzgehaltes statt, die zu Ablagerungen von Gips und Salz geführt hat. Die näheren Umstände der Ablagerung dieser merkwürdigen Formation scheinen demnach ziemlich großen örtlichen und zeitlichen Schwankungen unterworfen gewesen zu sein, jedenfalls aber mußte ein mächtiger, teils von Flachsee überzogener, teils unbedeckter Kontinentalsockel im nördlichen Europa und im nördlichen Teil des Atlantischen Ozeans bestanden haben, über den hinweg das europäische mit dem nordostamerikanischen Old Red in Verbindung stand (vgl. Band I, S. 415). Es ist dies jene „Atlantis" genannte Kontinentalmasse, deren ehemaliger Bestand sich auch aus gewissen tiergeographischen Erscheinungen der silurischen (vgl. S. 89) und auch der jüngeren Formationen mit Sicherheit erschließen läßt.

In Rußland steht das Auftreten des Old Red offenbar in Zusammenhang mit der mitteldevonischen Transgression, die über weite Strecken Europas, Asiens und wohl auch Nordamerikas nachweisbar ist. Im größten Teile von Rußland fehlt marines Unterdevon, es herrschten kontinentale Verhältnisse, bis die Mitteldevonzeit das Meer in jene Gegenden von neuem zurückbrachte; die Transgression war aber flach, vielleicht auch ungleichmäßig. Ebenso fehlt das Unterdevon, soviel wir bis jetzt wissen, in Nord- und Innerasien, im Kwenlun und Tiënschan, in China, Japan und Nordwestamerika, dagegen ist das Mittel- und Oberdevon in diesen weiten Ländern bestimmt vorhanden. Das weite Umsichgreifen des Meeres zur Zeit des Mittel- und Oberdevons dürfte manche neue Meeresverbindung eröffnet und der Verbreitung der Meerestiere

Digitized by Google

Vorschub geleistet haben; denn wir finden in den oberen Teilen der Formation viel geringere faunistische Verschiedenheiten als im Unterdevon. Europäische Typen lassen sich weithin nach Asien, ja bis in den Westen Nordamerikas nachweisen.

In Nordamerika ist das Devon sehr verbreitet, mächtig und fossilreich, und im Vergleich zu Europa im allgemeinen arm an Kalkbildungen, reich aber an sandig-thonigen Gesteinen, Thonschiefern, Sandsteinen 2c. Gerade die mittel- und oberdevonischen Ablagerungen, in denen in Europa die Kalke dominieren, sind in Amerika fast kalkfrei, während das Unterdevon allein große, weitverbreitete Kalkmassen enthält.

Die Formation beginnt mit der unteren Helderbergstufe, die noch viele faunistische Anklänge an das Obersilur erkennen läßt und durch das Vorhandensein zahlreicher Capuliden und gewisser Trilobiten an das europäische Hercyn erinnert. In den höheren Schichten werden, wie schon erwähnt, die Beziehungen zum europäischen Devon immer ausgesprochener; so ist die Fauna der mitteldevonischen Hamiltongruppe mit der des Eifelkalkes durch manchen gemeinsamen Zug verknüpft. Aber trotzdem bewahrt doch Nordamerika seine provinzielle Selbständigkeit. Übrigens sind auch in Nordamerika die Unterschiede der einzelnen devonischen Hauptgebiete ziemlich beträchtlich. In Südamerika ist das Devon in Bolivia und in großen Teilen von Brasilien, ferner auf den Falklandinseln bekannt. Wie Ulrich gezeigt hat, bestehen viele verwandtschaftliche Beziehungen zu der Fauna des nordamerikanischen, aber auch des südafrikanischen Devons.

Die Gleichstellung der devonischen Schichtgruppen in den wichtigsten Entwickelungsgebieten ist aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

Rheinland und Belgien	Ural	Böhmen	Karnische Alpen	Schottland	Nordamerika (Staat New York)
Clymenienkalk	Clymenienkalk		Clymenienkalk		Catskill-Gruppe
Cypridinenschiefer	Cypridinenschiefer				Chemung-Gruppe
Adorfer Goniatitenkalk, Iberger Kalk (Calcaire de Frasne)	Iberger Kalk				Portage-Gruppe
Stringocephalenkalk; Calceolaschichten, Cultrijugatus-Schichten; Wissenbacher Schiefer, Lenneschiefer	Stringocephalenkalk; Schichten mit Pentamerus baschkiricus; Bunte Mergel und Sandsteine	H; G_2 u. G_3; Mnenianer Kalk und G_1	Riffkalk	Old Red Sandstone	Hamiltonschichten; Marcellusschiefer
Koblenzschichten (Spiriferensandstein)	Kalk und Schiefer des Juresanflusses	F2	Unterdevon. Riffkalk mit der Fauna von F_2		Obere Helderberg-Gruppe: Hornsteinkalk, Onondaga-Kalkstein, Schoharie-Sandstein
Siegener Grauwacke: Hunsrückschiefer, Taunusquarzit	Schiefer und Quarzite des Uralkammes, Hercynkalk	F1	Bunter thonreicher Kalk, Kramenzelkalk (Zone des Goniatites inexspectatus)		Oriskany-Sandstein; Untere Helderberg-Gruppe
Kristallinische Taunusschiefer (Gedinnien)	Phyllitische Schiefer				

Digitized by Google

3. Die jüngeren paläozoischen Bildungen (Kohlen- und Permformation).

Inhalt: Die Tierwelt der Kohlenformation. — Die Pflanzenwelt der Kohlenformation. — Bildung der Kohlenflöze. — Verbreitung der Kohlenpflanzen und Klima der Kohlenformation. — Die Kohlenablagerungen in Europa und in den Gegenden mit ähnlicher Entwickelung. — Das Gebiet der Glossopteris-Flora. — Die permische Formation.

Die Tierwelt der Kohlenformation.

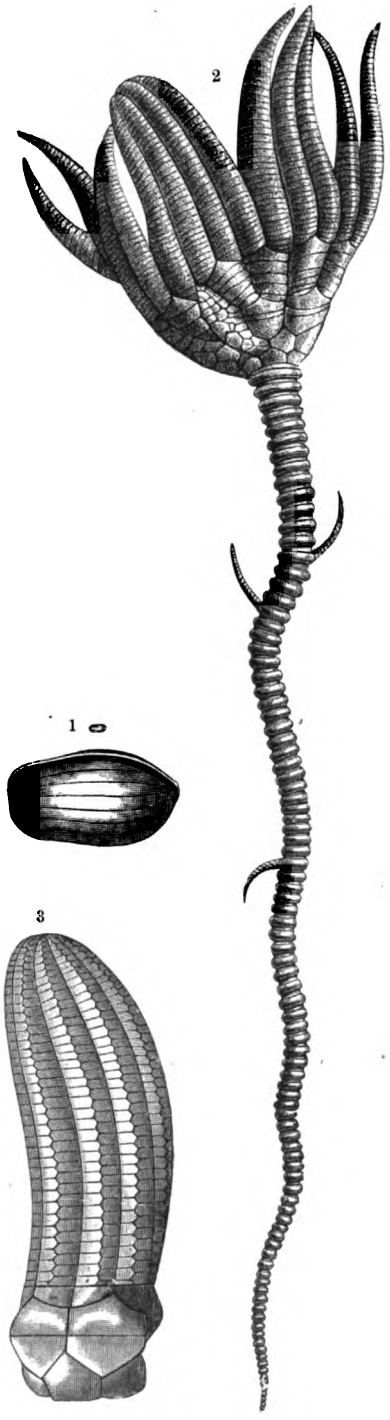
In scharfer Sonderung treten uns in der Kohlenformation Ablagerungen des offenen Meeres und solche von Binnenräumen entgegen; mag es auch bei der einen Abteilung der Fische nicht gelingen, immer sicher zwischen marinen Formen und solchen der süßen Wasser zu unterscheiden, mögen auch Landpflanzen oft in die Meeresbildungen eingeschwemmt vorkommen, so ist doch im allgemeinen die Trennung leicht durchzuführen.

Die niederen Tiere des Meeres weichen in der Kohlenformation von jenen der Devonzeit nicht sehr erheblich ab. Einer der wichtigsten unterscheidenden Züge ist das Auftreten der niedrigst organisierten Abteilung des Tierreiches, die wir überhaupt fossil kennen, der Foraminiferen. Fehlen sie auch den älteren paläozoischen Bildungen nicht vollständig, so sind sie darin doch noch wenig beobachtet worden. Nun erst erscheinen sie in ganzen Massen, und zwar zeigen sich Repräsentanten der verschiedensten Abteilungen und teilweise Formen mit außerordentlich verwickelt gebautem Gehäuse. Manche Gattungen stimmen mit jetzt lebenden überein, ja selbst einige Arten stehen solchen so nahe, daß ein Teil der Paläontologen eine sichere Unterscheidung von diesen nicht für möglich hält. Es ist überhaupt eine vielfach wiederkehrende Erscheinung, daß bei gewissen Foraminiferentypen trotz einer überaus großen Variabilität der gleichzeitig lebenden Individuen die dauernde Umgestaltung im Laufe geologischer Zeiträume überaus geringfügig ist.

Trotzdem bietet die karbonische Foraminiferenfauna in ihrer Gesamtheit doch recht wesentliche Abweichungen von der jetzt lebenden und zeigt einen leicht kenntlichen Charakter. Sie verdankt ihn vor allem dem massenhaften Vorkommen der Familie der Fusuliniden, einer Abteilung verhältnismäßig großer Formen, unter denen sich manche als erbsengroße Kugelformen, manche als gestreckte Walzen finden, deren Länge bis zu 5 cm betragen kann. Wohl kommen vereinzelte Vertreter schon im Devon vor, und andere reichen bis in die permische Formation hinauf; aber weitaus die stärkste Entwickelung findet im Karbon, speziell in seinen oberen Abteilungen statt. Hier treten sie in den „Fusulinenkalken" zu Millionen felsbildend auf; mächtige Schichtmassen, namentlich in Rußland, im Mittelmeergebiet, in Japan, China und Nordamerika, sind fast ausschließlich aus ihren Gehäusen zusammengesetzt. Am besten sind jene schwarzgrauen, mit erbsengroßen helleren Flecken übersäeten Kalke Japans bekannt; sie werden dort zu Vasen und ähnlichen Gegenständen verarbeitet und haben vielfach ihren Weg auch nach Europa gefunden, wo sie wohl in keiner Sammlung japanischer Erzeugnisse fehlen. So kolossal sind die Anhäufungen dieser verhältnismäßig großen Foraminiferengehäuse, daß wir in der ganzen Geschichte der geologischen Formationen nur noch ein einziges, allerdings noch großartigeres Beispiel kennen: in der ungeheuern Entwickelung der Nummuliten zu Anfang der Tertiärzeit.

Die Fusuliniden, mit den Gattungen Fusulina (s. Abbild., S. 122, Fig. 1), Fusulinella, Hemifusulina und Schwagerina, haben kalkige, nur selten zur sandigen Bildung hinneigende, meist deutlich poröse Schale, die in zahlreichen Windungen spiral aufgerollt und bald kugelig, bald cylindrisch oder spindelförmig gestaltet ist. Die einzelnen Windungen selbst zerfallen wieder in ein kompliziertes Kammersystem, dessen Einzelheiten wir hier nicht näher verfolgen können.

Digitized by Google



1) Fusulina cylindrica, aus dem obern Kohlenkalk Rußlands, oben natürl. Größe, unten stark vergrößert (nach Möller); 2) Woodocrinus, aus englischem Kohlenkalk (nach de Koninck); 3) Krone von Stemmatocrinus, aus russischem Kohlenkalk (nach Trautschold). Vgl. Text, S. 121 und 67.

Auch abgesehen von dem massenhaften Vorkommen der Fusulinen bietet die Foraminiferenfauna der Kohlenformation manche Eigentümlichkeiten dar. Besonders verdient hervorgehoben zu werden, daß bei den Formen, die ihr Gehäuse aus einzelnen Sandkörnchen zusammenkitten, die Grenze zwischen kieselig-sandigen und kalkigen Typen noch weit weniger scharf gezogen ist und Übergänge häufiger vorkommen als in jüngeren Ablagerungen.

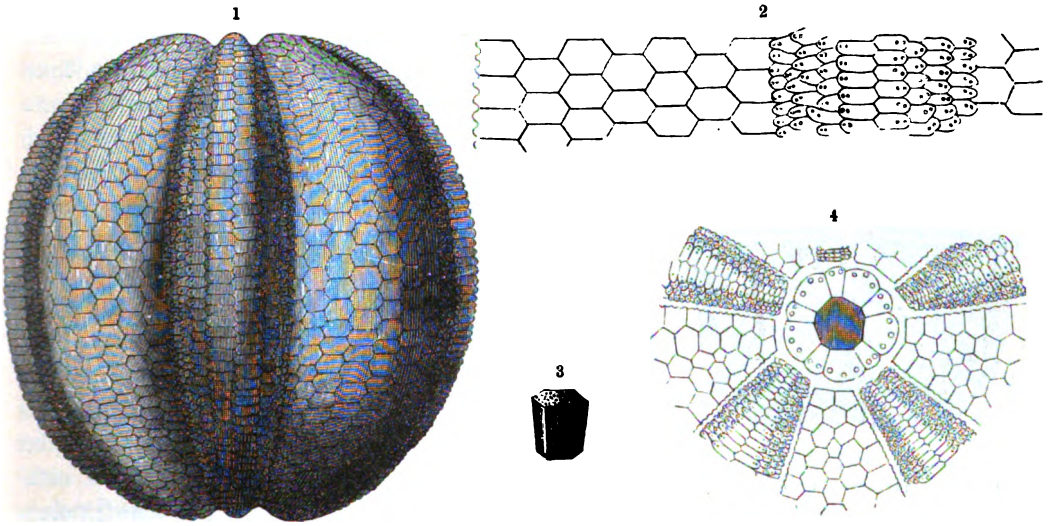
Weit weniger Unterschiede machen sich bei den Cölenteraten geltend; die Schwämme kommen fast gar nicht in Betracht, die aus Tetrakorallien und Tabulaten zusammengesetzte Korallenfauna unterscheidet sich von der devonischen nur in Einzelheiten. Weit wichtiger sind die Abweichungen bei den Echinodermen, unter denen sich die herrschende Klasse, die der Krinoiden, ziemlich gleich geblieben ist, wenn auch manche Gattungen erloschen und andere dafür aufgetreten sind (s. die nebenstehenden Abbildungen von Woodocrinus und Stemmatocrinus). Dagegen sind die Cystideen, jene im Silur so zahlreichen einfachsten Formen der Stachelhäuter, bis auf einen verkümmerten letzten Ausläufer verschwunden, und statt ihrer erreichen die bisher nur wenig entwickelten Blastoideen nun ihre stärkste Entfaltung, allerdings nur, um dann mit Ende der Kohlenformation endgültig den Schauplatz zu verlassen. Hierher gehören ziemlich kleine, krinoidenähnliche Formen mit schwachem, nur selten erhaltenem Stiel und regelmäßig aus 13 Stücken zusammengesetztem Kelch; statt der Arme finden sich fünf vom Scheitel ausgehende, blumenblattförmige „Pseudoambulacra", unter denen im Inneren ein System von kalkigen Röhren verläuft, und die bei vollständiger Erhaltung Fiederchen tragen. Im Scheitel finden sich in der Regel sechs mit Verschlußklappen versehene Öffnungen, eine in der Mitte, die anderen im Kreise um sie herum. Die Blastoideen entwickeln sich aus den Cystideen und sind mit diesen durch die Gattung Codonaster (s. Abbildung, S. 123, oben, Fig. 1) verbunden, die die Gestalt und den allgemeinen Bau der Blastoideen mit den Porenrauten der Cystideen verbindet. In Europa gehören diese Formen überall zu den Seltenheiten; dagegen finden sie sich im Kohlenkalk Nordamerikas stellenweise in Menge angehäuft. Weitaus die verbreitetste Gattung und der normale Typus der ganzen Klasse ist Pentatrematites (s. Abbildung, S. 123, oben, Fig. 2) oder Pentremites, zu dem sich noch eine Reihe anderer Gattungen gesellt.

Digitized by Google

Endlich sind unter den Echinodermen noch die Seeigel oder Echinoiden zu nennen, die in der Kohlenformation noch ziemlich seltene Gäste sind, aber doch schon eine Anzahl von wohlcharakterisierten Typen darbieten. Die Seeigel der paläozoischen Zeit bilden eine von jenen der jüngeren Formationen zwar nicht vollständig geschiedene, aber doch mit diesen bis jetzt nur durch wenige Bindeglieder verknüpfte Gruppe, die sich durch die große Zahl der Tafeln auszeichnet,

1) Codonaster, aus englischem Kohlenkalk, von oben gesehen; 2, 3) Pentatrematites florealis, aus amerikanischem Kohlenkalk, etwas vergrößert. (Nach F. Römer.) Vg. Text, S. 122.

aus denen das Gehäuse zusammengesetzt ist. Diese „Palaechinoiden" erreichen in der Kohlenformation ihre höchste Entfaltung, namentlich durch die Gattungen Melonites, Palaechinus und Archaeocidaris (s. untenstehende Abbildung und S. 124, oben).

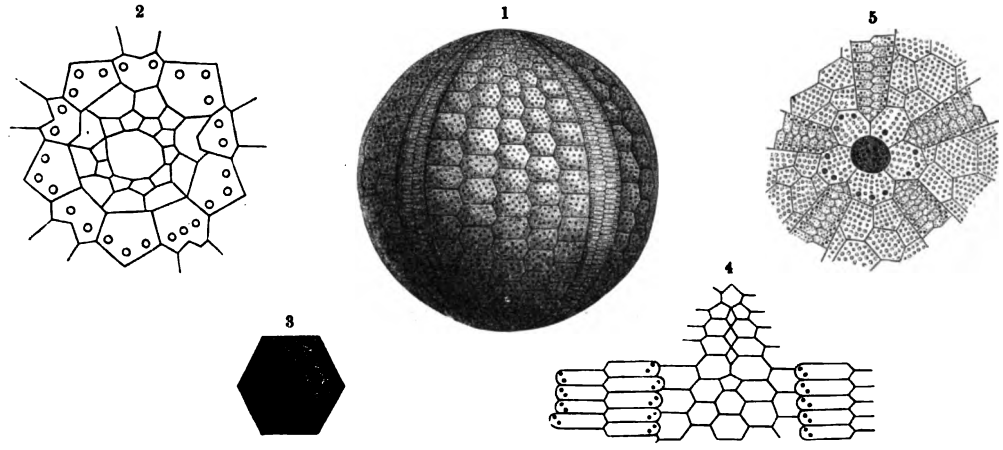


Melonites multiporus, aus nordamerikanischem Kohlenkalk: 1) vollständiges Exemplar; 2) ein Stück der Oberfläche, etwas vergrößert; 3) ein einzelnes Täfelchen; 4) der „Scheitelapparat", in der Mitte der After, im Kreise um denselben die fünf Genital- und fünf Augentäfelchen. (Nach F. Römer.)

Unter den Brachiopoden ist die Zahl der Gattungen im Vergleich zu älteren Ablagerungen entschieden zurückgegangen; nur eine Sippe erreicht hier plötzlich eine außerordentliche Entwickelung, die Gattung Productus, die durch die konkave Form der einen Schale, den Mangel an Schloßzähnen und das Fehlen eines Armgerüstes charakterisiert ist, statt dessen in der kleinen Klappe festgewachsene Brachialleisten (nierenförmige Eindrücke) auftreten (s. Abbild., S. 124, unten, Fig. 1). Eigentümlich sind manchen Arten die überaus langen, hohlen Stacheln, die zerstreut auf der Außenseite beider Klappen stehen; allerdings sind diese Röhren, die die Schalen

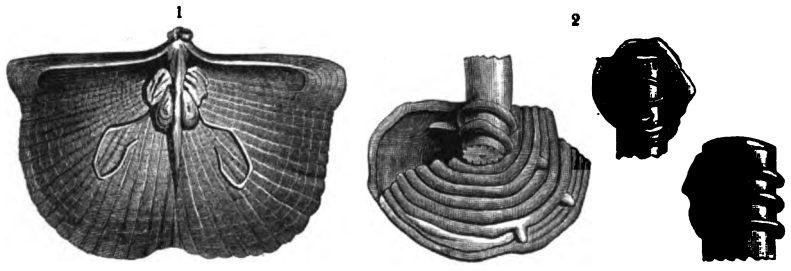
Digitized by Google

durchsetzen und sich ins Innere des Gehäuses öffnen, bei der gewöhnlichen Art der Erhaltung abgebrochen, so daß nur ihre Basis in Form warzenartiger Erhöhungen sichtbar ist. Bisweilen aber haben sie sich erhalten, und dann sieht man, daß sie den Durchmesser der Schalen an Länge bei manchen Formen drei- bis vierfach übertreffen. Es ist schwer, sich von der Bedeutung dieser Organe eine Vorstellung zu machen; jedenfalls konnten diese Formen nicht im seichten, vom



1) Palaechinus elegans, in natürl. Größe; 2) der Scheitelapparat, vergrößert; 3) ein einzelnes Täfelchen; 4) eine Gruppe von Täfelchen, vergrößert; 5) der Scheitelapparat von Palaechinus sphaericus. Aus dem Kohlenkalk Irlands. (Nach Baily.) Vgl. Text, S. 124.

Wellenschlage stark bewegten Wasser frei auf dem Boden des Meeres liegen, da sonst die feinen Dornen in kürzester Zeit zertrümmert worden wären. Aber selbst wie sie in tiefem, ganz ruhigem Wasser überhaupt auf dem Grunde liegen konnten, ist kaum begreiflich; vielleicht setzten sie sich mit den Enden dieser Röhren an die Blätter von Wasserpflanzen an und wurden von diesen schwimmend getragen. Sonderbar gestalten sich die Stacheln bei Productus complectens (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 2): sie sind nicht gerade gestreckt oder schwachgebogen, wie bei den gewöhnlichen Formen, sondern wickeln sich um irgend einen fremden Körper, z. B. um einen Krinoidenstiel, vollständig herum und bewirken so eine höchst eigentümliche Anheftung.



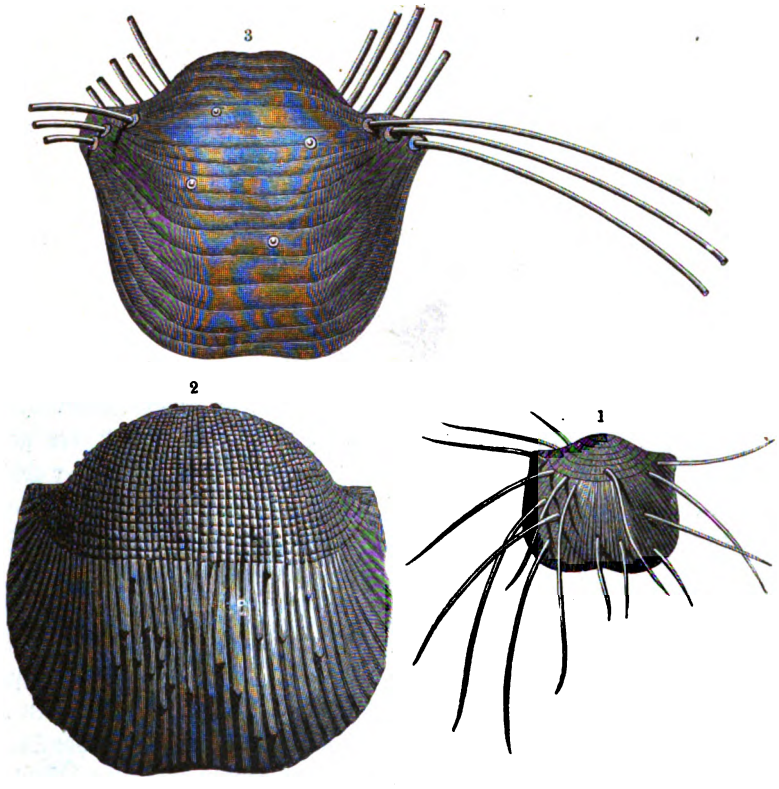
1) Innenseite der kleinen Schale von Productus mit den Brachialleisten (nach Davidson); 2) Productus complectens, aus englischem Kohlenkalk (nach Etheridge). Vgl. Text, S. 123 u. 124.

Die Zahl der Productus-Arten ist groß, und manche unter ihnen gehören zu den bezeichnendsten Leitfossilen des Kohlenkalkes, z. B. Productus semireticulatus, giganteus, Cora ꝛc. (s. Abbildung, S. 125). Es sind fast ausnahmslos Formen von ziemlich ansehnlicher Größe, manche sogar von riesiger, vor allen Productus giganteus, dessen bis zu 35 cm große Schalen alle anderen Brachiopoden übertreffen. Außer Productus sind namentlich die Gattungen Spirifer, Spirigera und Streptorhynchus im Kohlenkalk verbreitet und erreichen hier den Höhepunkt ihrer Entwickelung.

Digitized by Google

Muscheln und Schnecken sind zwar in großer Menge vorhanden, bieten aber nur wenige bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Unter den Muscheln sind die großen Formen der Gattung Conocardium ihrer seltsamen Gestalt wegen hervorzuheben, ferner Posidonomya Becheri als eine für eine bestimmte Ausbildungsart des unteren Teiles der Kohlenformation, den Kulm, charakteristische Art (s. Abbild., S. 126, oben). Unter den Schnecken spielen die mit einem Schlitz an der Mündung versehenen Bellerophontiden und Pleurotomariden mit den Gattungen Bellerophon, Porcellia, Pleurotomaria und Murchisonia eine bedeutende Rolle, während von anderen Typen Euomphalus, Loxonema, Macrocheilus charakteristisch sind.

Die Nautiliden sind auch hier, wie schon im Devon, im Rückgange begriffen, die gestreckten Schalen der Orthoceren sind noch in bedeutender Zahl und teilweise in riesigen Formen vertreten, außer ihnen spielen nur Cyrtoceras und Gyroceras eine etwas größere Rolle, und Nautilus, der Spätling in der ganzen Abteilung, erreicht hier den Höhepunkt seiner Entwickelung. Große, reich mit Rippen und Knoten verzierte Arten stellen sich zahlreich ein, und besonders fällt die Abteilung der imperfekten Nautilen auf. Es sind das mit eigentümlichem Windungsquerschnitt und reicher Verzierung durch Längskiele ausgestattete, weitnabelige Formen, deren Umgänge im Inneren ein großes Loch freilassen (s. Abbildung, S. 126, unten, Fig. 1). Die Ammonitiden sind durch eine beträchtliche Anzahl von Goniatiten repräsentiert, deren Loben auf einer höheren Entwickelungsstufe stehen als die der älteren Ablagerungen; namentlich ist bei der Mehrzahl der Siphonallobus geteilt.

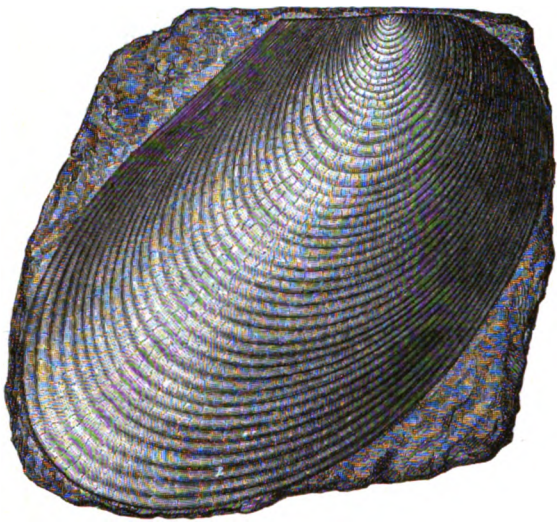


1) Productus longispinus, aus dem Kohlenkalk (nach Davidson); 2) Productus semireticulatus, aus dem Kohlenkalk; 3) Productus horridus, aus dem Zechstein (nach F. Römer). Vgl. Text, S. 124.

Unter den Krustaceen oder Krebstieren sind die Trilobiten, die schon im Devon, namentlich im Oberdevon, einen beträchtlichen Rückgang erlitten hatten, in der Kohlenformation auf ein Minimum beschränkt; von allen den verschiedenen Typen hat sich nur die Gattung Phillipsia (s. Abbildung 2, S. 126, unten) mit einer oder der anderen Untergattung erhalten und kommt in einer ziemlich beschränkten Artenzahl in verschiedenen Gegenden vor. Von anderen Krustern sind Muschelkrebse, Xiphosuren (s. Abbildung, S. 83) und Ceratiocariden mehrfach vertreten, vor

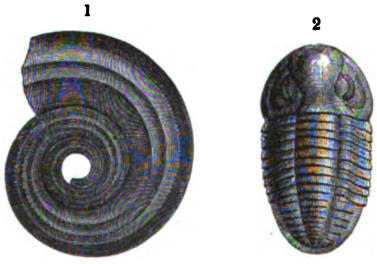
Digitized by Google

allem aber iſt das erſte Vorkommen höherer und den jetzt lebenden Formen näher ſtehender Krebstiere hervorzuheben. Aus dem nordamerikaniſchen Karbon ſind einige Amphipoden oder Flohkrebſe bekannt, zu denen in der jetzigen Schöpfung der bekannte Gammarus gehört. Es ſind dies meiſt ziemlich kleine Typen mit ſchmalem und ſeitlich zuſammengedrücktem Körper; der Kopf verwächſt nur mit dem erſten Segment des Bruſtteiles. Wir nennen als Beiſpiel die Gattung Acanthotelson (ſ. Abbildung, S. 127, unten). Auch die Gruppe der Iſopoden oder Aſſeln iſt in der Kohlenformation vertreten, und zwar durch Formen, die durch gewaltige Größe und gewiſſe Eigentümlichkeiten der Organiſation von den geologiſch jüngeren Typen abweichen. Die zehnfüßigen Krebſe oder Dekapoden, die oberſte Abteilung der Kruſtaceen, finden ſich in einer Anzahl ziemlich weit voneinander verſchiedener Formen, die unter dem Namen Anthracopalaemon zuſammengefaßt werden (ſ. Abbildung, S. 127, oben); es ſind lauter Vertreter der Makruren oder Langſchwänze, zu denen in der Jetztwelt der gemeine Flußkrebs und der Hummer gehören.



Posidonomya Becheri, aus dem Kulm. Vgl. Text, S. 125 und 153.

Neben dieſen an die jetzige Schöpfung erinnernden Formen treten uns aber auch durchaus fremdartige Typen entgegen, in erſter Linie der ſeltſame Bostrichopus. Der winzige Körper beſteht aus einem runden, augentragenden Kopfbruſtſtück und einem aus ſechs Segmenten beſtehenden Hinterleib; vier kurze, kräftige Beinpaare zerteilen ſich in eine außerordentlich große Zahl, etwa 60, geſchwungener, langer, geißelförmiger Fortſätze, die den Körper an Länge um ein Vielfaches übertreffen; ihre Stärke iſt nicht größer als die eines Haares, und jeder beſteht aus einer großen Zahl einzelner Glieder (ſ. Abbildung, S. 128). Keine Möglichkeit ſcheint vorläufig vorhanden, dieſes kleine Monſtrum zu verſtehen, jeder Vergleich erweiſt ſich als unhaltbar, ſelbſt der mit gewiſſen Entwickelungsſtadien rankenfüßiger Krebſe. Ja, das Vorhandenſein von vier Fußpaaren, alſo der bei den Spinnentieren herrſchenden Normalzahl, läßt ſelbſt die Zugehörigkeit zu den Kruſtaceen als nicht ganz unzweifelhaft erſcheinen.

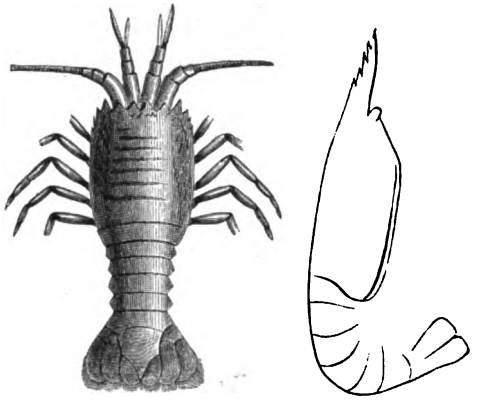


1) Nautilus Koninckl, aus belgiſchem Kohlenkalk; 2) Phillipsia, aus der Kohlenformation. Vgl. Text, S. 125.

Natürlich war Bostrichopus zur Zeit der Kohlenformation kein iſolierter Typus, wie er es heute in dem Syſtem der uns bekannten Tierformen iſt; in Wirklichkeit iſolierte Formen gibt es ja überhaupt in der Natur nicht. Es mußten alſo einſtmals Gattungen und Arten exiſtieren, die den Bostrichopus auf eine uns unbekannte Weiſe mit anderen Typen in Verbindung brachten. Dieſes Tier iſt von allen bis jetzt bekannten ſo weit verſchieden, daß es als Repräſentant einer ſelbſtändigen Ordnung betrachtet werden muß. Von allen Angehörigen dieſer Ordnung, die einſt in Menge exiſtieren mußten, iſt nur dieſer einzige erhalten geblieben, und auch von dieſer Form iſt nur ein einziges, vor vielen Jahren in den Kulmſchiefern des Geiſtlichen Berges bei Herborn

Digitized by Google

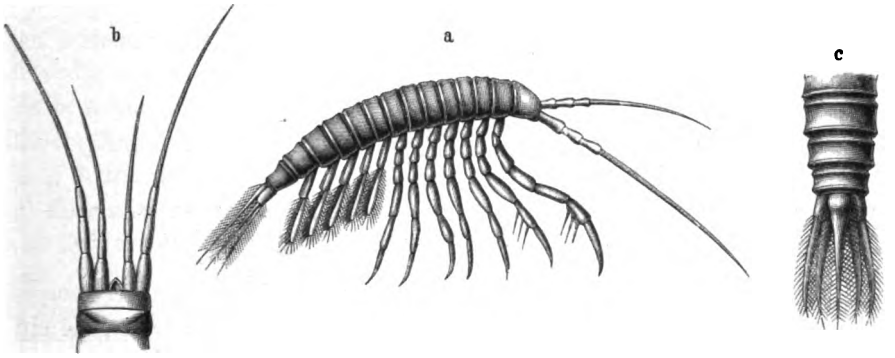
in Nassau gefundenes Stück bekannt. Wir hätten keine Ahnung von der Existenz eines solchen Typus, wenn nicht zufällig ein verständnisvoller Sammler die eine Schieferplatte unter tausenden aufgegriffen und gespalten hätte. Es gibt nur wenige Beispiele, die uns so eindringlich über die Unvollständigkeit unserer Kenntnis der alten Faunen belehren wie dies. Wie viele gleich merkwürdige Typen mögen noch unentdeckt im Schoße der Berge ruhen, wie viele derartige Unika mögen durch Verwitterung zerstört, zum Bau, zur Straßenbeschotterung verwendet worden, in den Kalkofen gewandert sein.



Dekapoden (zehnfüßige Krebse), sogen. Anthracopalaemon aus der Kohlenformation Nordamerikas. Vgl. Text, S. 126.

Die Fischfauna der Kohlenformation ist verhältnismäßig nicht groß. Den wesentlichsten Unterschied gegen das Devon bildet das Zurücktreten der Panzerfische. Reichlich sind dagegen die eigentlichen Ganoiden mit ihren Schmelzschuppen vertreten, namentlich in den Süßwasserablagerungen der sogenannten produktiven, Kohlenflöze führenden Formation. Sie schließen sich teils denen des Devons, teils jenen der Permformation, die wir eingehender besprechen werden, innig an und bieten wenig charakteristische Eigentümlichkeiten.

In der marinen Entwickelung sind die Verhältnisse der vollständigen Erhaltung der Fische wenig günstig, man findet in der Regel nur vereinzelte Zähne und Flossenstacheln, deren Deutung große Schwierigkeiten bietet. Ihrer großen Formenmannigfaltigkeit wegen hat man eine



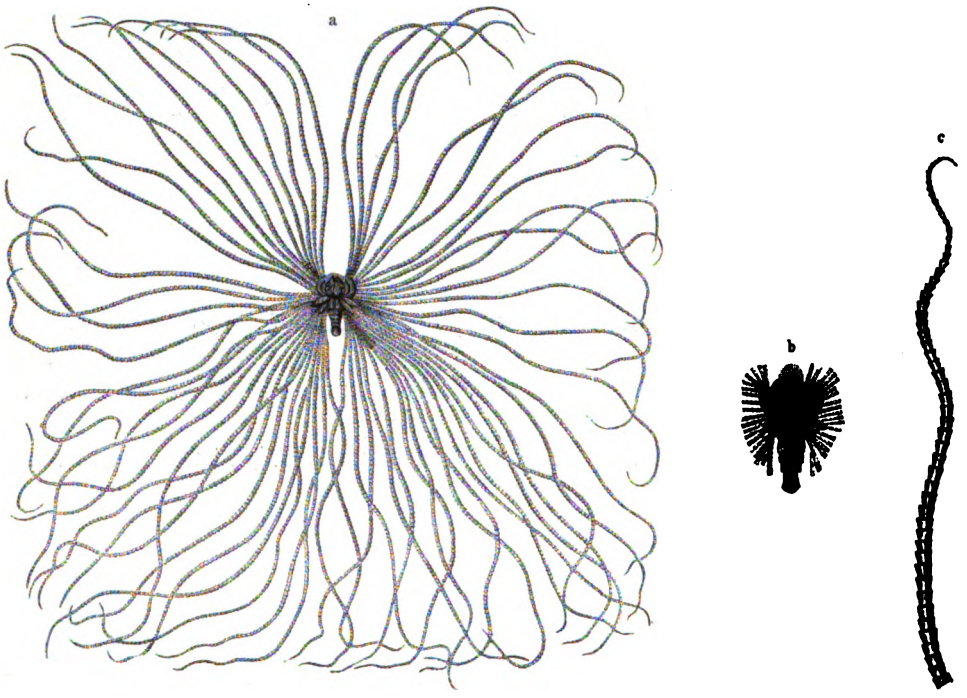
Acanthotelson Stimpsoni: a, b) natürl. Größe, c) vergrößert. (Nach Packard.) Vgl. Text, S. 126.

große Anzahl von Gattungen solcher Zähne und Kauplatten unterschieden, wie Psammodus, Helodus, Orodus, ꝛc. Gewisse Formen wurden als Cladodus bezeichnet; viel später erst wurde man durch glückliche Funde in Nordamerika belehrt, daß die Cladodus-Zähne von Haifischen getragen wurden (vgl. S. 106). So kann man noch eine Reihe anderer Zähne als zu Haifischen gehörig ansprechen. Von den Formen der Jetztzeit schien eine pazifische Art, der Port Jacksons-Hai oder Cestracion, Anknüpfungspunkte zu bieten; der Rachen dieses Fisches ist mit einer großen Menge von Pflasterzähnen bedeckt (s. Abbildung, S. 129, oben), die eine gewisse Ähnlichkeit mit den geologisch alten Kauplatten aufweisen. Aber noch andere Fische haben ähnliche Kauplatten, so namentlich die Seekatzen oder Chimären und die Rochen; mit diesen wurden namentlich die eigentümlich gedrehten Cochliodonten (s. Abbildung, S. 129, unten) aus dem irischen Kohlenkalk

Digitized by Google

verglichen. Eine bestimmte Ansicht läßt sich über alle diese Formen noch nicht aussprechen. Nach O. Jäkel scheint es am passendsten, Formen, deren Zähne in Längsreihen über die Kiefer rücken (Stichodontidae), als Selachier zu betrachten, während alle übrigen, nur wenig Kauplatten tragenden Formen als Oligodontidae zusammenzufassen wären, Typen, die sich zu den Chimären und Rochen hinneigen.

Völlig verschieden von den bisher besprochenen sind solche Kauplatten, für die ein hoher Grad von Übereinstimmung bei den sogenannten Lungenfischen oder Dipnoern zu finden ist. Bei diesen Tieren geschieht die Atmung nicht ausschließlich durch Kiemen, sondern daneben



Bostrichopus antiquus, aus dem Kulm des Geistlichen Berges bei Herborn: a) das ganze Tier mit allen Anhängen, schwach vergrößert, b) der Rumpf, c) eine einzelne Ranke, in stärkerer Vergrößerung. Vgl. Text, S. 126.

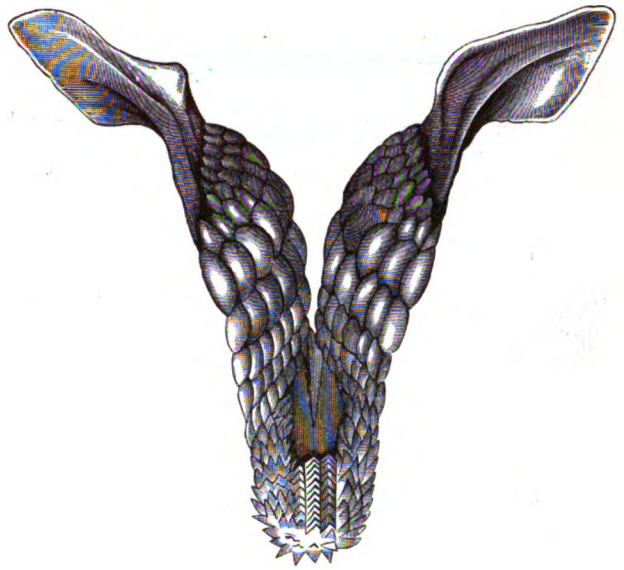
noch durch eine oder zwei Lungen, die aus der Umgestaltung der Schwimmblase hervorgegangen sind. Dies merkwürdige Verhältnis, das uns die Lunge der höheren Wirbeltiere als ein Äquivalent der Fischblase erkennen läßt, findet sich in der Jetztwelt nur bei drei Gattungen, die in Flüssen und Tümpeln sehr weit voneinander entlegener Gegenden wohnen: Lepidosiren in Brasilien, Protopterus im tropischen Afrika, Ceratodus in Queensland, Australien (s. Abbildungen, S. 110, oben, S. 130, oben, und S. 178, unten, Fig. 1). Der Baramunda der australischen Eingeborenen besitzt Zahnplatten, die mit Vorkommnissen aus der Trias und den permischen Ablagerungen so vollständig übereinstimmen, daß man sie in ein und dieselbe Gattung gestellt hat; und manche Formen der Kohlenformation schließen sich aufs innigste an.

Unter diesen Umständen kann kein Zweifel herrschen, daß zwischen diesen der Zeit nach weit voneinander entfernten Typen wirkliche Verwandtschaft herrscht. In der äußeren Form und in der Beschuppung, Flossenbildung und einer Reihe anderer Merkmale stimmt der Baramunda in hohem Grade mit einer Gruppe von Ganoiden überein, die, durch die eigentümlich beschuppten Schäfte ihrer Brust- und Bauchflossen ausgezeichnet, als Schaftflosser oder Crossopterygier

Digitized by Google

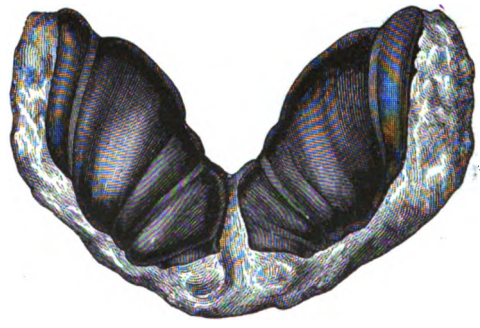
bezeichnet werden (vgl. oben, S. 109). In der Jetztwelt sind sie durch den Flösselhecht oder Polypterus vertreten; größere Ähnlichkeit als dieser zeigen gewisse Formen des alten roten Sandsteins, wie Dipterus, deren Zahnplatten in derselben Weise entwickelt sind.

Dürfen wir nun auch diese paläozoischen Vorläufer als Lungenfische betrachten? Die heutigen Lungenfische leben unter Verhältnissen, unter denen die Kiemenatmung zeitweilig unmöglich ist, in kleinen, stehenden Gewässern, die in der heißen Jahreszeit manchmal austrocknen, oder in Flüssen, die infolge der Zersetzung verwesender Pflanzenteile irrespirable Gase führen. Dann versteht man die Notwendigkeit einer Doppelatmung und begreift, warum eine Umgestaltung der Fischblase zur Lunge stattgefunden hat, während für die Bewohner großer Seen oder gar für hochmarine Formen, wie Phaneropleuron, die im offenen Meere schwärmen und dort reichlichen Lebensunterhalt finden, ein Grund hierfür nicht abzusehen ist. Offenbar hatten diese karbonischen Ganoid-Fische die innigsten Beziehungen zu den Dipnoërn, sie bilden zusammen eine Gruppe; ob aber einige von ihnen oder alle schon damals die Lungenatmung erworben hatten, ist nicht nur nicht bewiesen, sondern sogar wenig wahrscheinlich.



Unterkiefer des lebenden Cestracion mit seinem Zahnpflaster. (Nach Nicholson.) Vgl. Text, S. 127.

Als ein Element von höchster Bedeutung treten uns nun auch höhere Wirbeltiere entgegen, die sich in ihrer Organisation über die Fische erheben. Wohl fehlen noch die obersten Abteilungen, die Vögel und Säugetiere, aber kaltblütige Kriechtiere mannigfaltiger Art stellen sich ein, an manchen Punkten sogar in großer Menge. Der Hauptsache nach bieten diese Tiere in der karbonischen und permischen Formation so viel Übereinstimmung, daß es geraten ist, die Bevölkerung beider hier im Zusammenhang zu betrachten, zumal da viele dieser Reste in den Grenzschichten zwischen Karbon und Perm vorkommen.

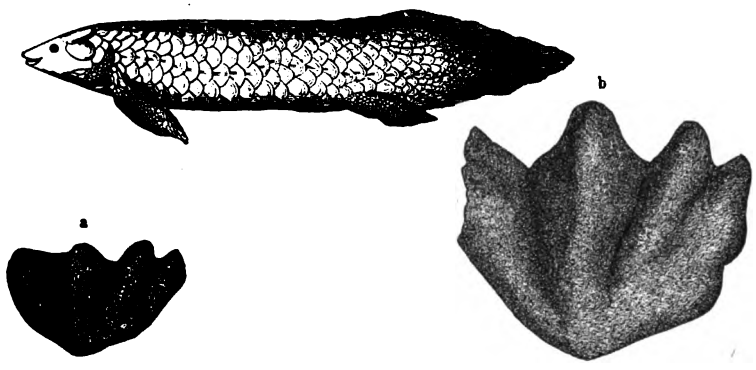


Kauplatten von Cochliodus, aus irischem Kohlenkalk. Vgl. Text, S. 127.

In früherer Zeit faßten die Zoologen sämtliche kaltblütigen Kriechtiere: Frösche, Salamander, Eidechsen, Krokodile, Schlangen und Schildkröten, unter dem Namen „Amphibien" zusammen, und der Laie ist auch jetzt noch gewohnt, alle diese Formen als eine zusammengehörige Gruppe zu betrachten. Allein diese Auffassung entspricht nicht den Thatsachen. Wenn auch alle die

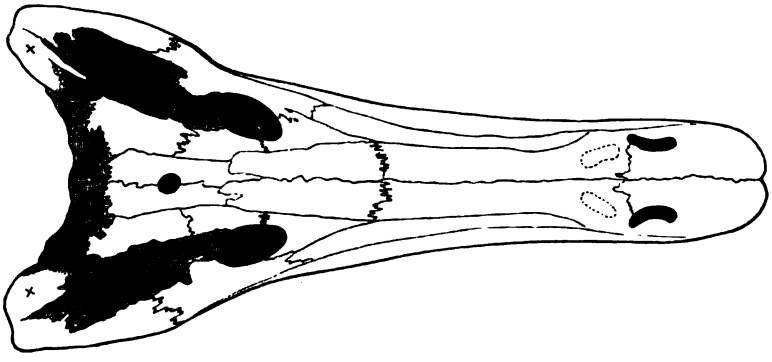
Digitized by Google

genannten Typen kaltes Blut besitzen, so treten doch in fast allen anderen Beziehungen so tiefgreifende Unterschiede zwischen den Salamandern und Fröschen einerseits und den Schlangen, Eidechsen, Krokodilen und Schildkröten anderseits auf, daß man sie unmöglich in ein und dieselbe Ordnung des Tierreiches stellen darf, und man hat daher den Namen der Amphibien auf Frösche, Salamander und ihre Verwandten beschränkt und die anderen Abteilungen als Reptile oder Kriechtiere zusammengefaßt.



Lebender Baramunda (Ceratodus Forsteri), aus Queensland; a und b) Kauplatten von Ceratodus, aus der Trias (Lettenkohle) von Württemberg. Vgl. Text, S. 128.

Schon im frühen embryonalen Leben macht sich ein tiefgreifender Unterschied geltend. Amnion und Allantois, zwei wichtige Embryonalorgane, bei den Reptilen ebenso wie bei Vögeln und Säugetieren vorhanden, fehlen den Amphibien; diese machen, nachdem sie das Ei verlassen haben, eine Veränderung (Metamorphose) durch, kommen in einer Larvenform zur Welt, die erst nach mehrfachen Häutungen die endgültige Gestalt des erwachsenen Tieres annimmt, während bei den Reptilen nichts Derartiges geschieht. Bei ihnen hat das Junge beim Verlassen des Eies der Hauptsache nach schon seine definitive Gestalt; es wächst noch, aber es macht keine Verwandlung mehr durch. Die junge Eidechse, das junge Krokodil sind auf den ersten Blick als das zu erkennen, was sie sind, während der Frosch, den wir als Repräsentanten der Amphibien betrachten wollen, als Larve in der bekannten Gestalt der Kaulquappe mit langem Schweif, ohne äußerlich sichtbare Beine und mit Kiemenatmung erscheint und erst später zum ungeschwänzten, kiemenlosen Frosche wird. Von anderen wichtigen Merkmalen ist hervorzuheben, daß die Reptile alle zeitlebens durch Lungen atmen, während von den Amphibien einige stets, die übrigen wenigstens in der Jugend Kiemen haben; ferner sind die Reptile mit einer Körperbekleidung ausgestattet, die Schlangen und Eidechsen mit Schuppen, die Krokodile mit Knochentafeln, die Schildkröten mit ihrer Panzerschale, während die Amphibien nackte, schleimige Haut besitzen. Eine Ausnahme unter den Reptilen bilden nur gewisse ausgestorbene, an das Leben im Meere angepaßte Formen.

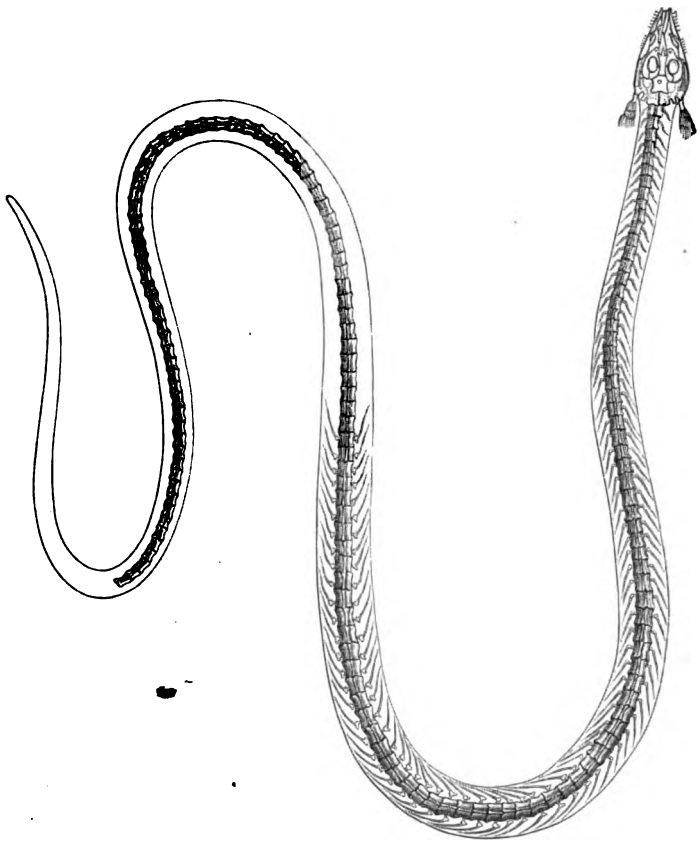


Schädel von Archegosaurus Decheni; die für Reptile charakteristischen, bei rezenten Amphibien fehlenden Knochen sind schattiert. Vgl. Text, S. 131.

Digitized by Google

Vor allem aber sind für das Studium der fossilen Vorkommnisse die Skelettmerkmale von Wichtigkeit. Bei den Amphibien ist ebenso wie bei den Säugetieren am Schädel zu beiden Seiten des großen Hinterhauptsloches, durch das das Rückenmark mit dem Gehirn in Verbindung tritt, je ein Gelenkkopf vorhanden, der in Gelenkpfannen am obersten Halswirbel eingreift. Wir haben also zwei Gelenkköpfe („Kondylen") des Hinterhauptes, während bei Reptilen und Vögeln nur ein einziger, über dem Hinterhauptsloch befindlicher Gelenkkopf vorhanden ist.

Auch sonst ist der Bau des Schädels bei beiden Abteilungen sehr verschieden; ein langgestreckter Knochen auf der Unterseite, das Parasphenoid (s. Abb., S. 133, Fig. 3), ist für die Amphibien im höchsten Grade charakteristisch; er fehlt allen höheren Formen, während er bei Fischen vorhanden ist. Anderseits tritt bei den Reptilen eine ganze Anzahl von Schädelknochen auf, die den Amphibien fehlen, die ganze Gliederung und der Bau des Schädels ist ungleich reicher; solche Schädelteile, die den lebenden Amphibien fehlen, sind das Postorbitale, Supratemporale, Epioticum, Supraoccipitale (s. Abb., S. 130, unten, an der die für Reptile charakteristischen Knochen, die den Amphibien fehlen, dunkel schattiert sind).



Dolichosoma, ein schlangenförmiger Stegocephale aus dem Nürschaner Gasschiefer. (Nach A. Fritsch.) Vgl. Text, S. 132.

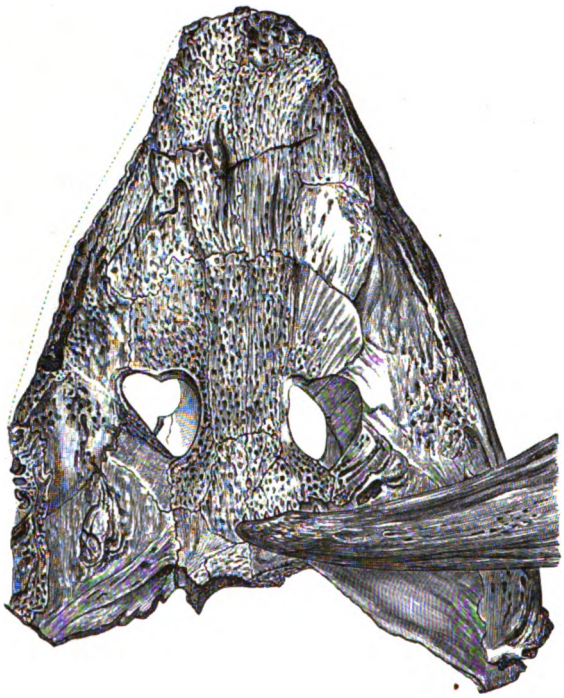
Fügen wir zu den genannten Merkmalen die kurze, gerade Form der Amphibienrippen, so sind damit die wichtigsten und augenfälligsten Abweichungen genannt. So scharf die Verschiedenheit aber in der Jetztzeit erscheint, so verwischt sie sich doch zum Teil, wenn wir die ausgestorbenen Formen ins Auge fassen. Schon unter den gewaltigen Reptilen der mesozoischen Zeit gehen einzelne trennende Eigentümlichkeiten verloren: so hatten die seltsamen Ichthyosaurier und Plesiosaurier und ihre Verwandten vermutlich keinerlei Panzer- oder Schuppenbekleidung; vor allem aber lassen die zu der Gruppe der Stegocephalen gehörigen Amphibien der Kohlen- und Permformation neben primitiven Eigenschaften eine Reihe ausgesprochener Reptilmerkmale erkennen.

Die Stegocephalen stellen eine große, mannigfaltig gestaltete Abteilung des Tierreiches dar; einige Formen zeigen uns die Umrisse gewöhnlicher Salamander, andere erinnern mehr an schlanke, eidechsenartige Tiere; Archegosaurus bildet in seiner äußeren Erscheinung einen Typus, der sich am ehesten mit einem kleinen Krokodil vergleichen läßt, während einzelne Tiere

Digitized by Google

den schlanken, fußlosen Schlangen glichen (s. Abbildung, S. 131). Baphetes, Anthracosaurus und einige andere sind endlich plumpe, molchartige Ungeheuer von riesiger Größe, bei denen der Kopf teilweise den eines Krokodils an Größe bedeutend übertrifft (s. untenstehende Abbildung).

Primitive Merkmale erkennen wir vor allem im Bau der Wirbelsäule. Die Chorda dorsalis hat sich bei allen Formen als ein kontinuierlicher Strang erhalten, und die Verknöcherungen der Wirbelkörper beschränken sich auf einzelne oberflächliche Partien. Bei gewissen Formen, wie Branchiosaurus, entstehen zwei zarte symmetrische Knochenblätter, Intercentra, auf der Bauchseite des Rückenstranges; etwas höher organisierte Formen zeigen außerdem die erste Anlage der Wirbelkörper in Form zweier seitlicher Elemente, der Pleurocentra, oder es wird die Chorda von einer einheitlichen knochigen Hülse umschlossen. Die Schädelkapsel bleibt bei den meisten Formen zeitlebens knorpelig, wird dagegen von einer viel größeren Zahl fester, innig anschließender Knochenplatten überzogen, als dies bei den heutigen Lurchen der Fall ist. Außer den beiden mit Knochenringen versehenen Augenhöhlen und den beiden Nasenlöchern wird das Schädeldach von einem Scheitelloch, dem Foramen parietale, durchbrochen, das vielleicht zur Aufnahme eines unpaaren Auges gedient hat. Solche Scheitellöcher kommen bei vielen Reptilen vor, mangeln dagegen fast ausnahmslos den jüngeren Amphibien, und hierin wie in der reichen Entwickelung der Schädeldecke bekunden sich entschiedene Anklänge an den Reptiltypus (s. Abb., S. 133, Fig. 1, 2). Dagegen zeigt sich die Unterseite des Schädels mit dem langgestielten Parasphenoid (s. Abb., S. 133, Fig. 3) und den großen Gaumenöffnungen nach dem Amphibienmuster gebaut und hat namentlich eine überraschende Ähnlichkeit mit der Schädelbasis der Frösche. Der Ober- und Zwischenkieferknochen, bei einzelnen Arten auch die übrigen Knochen der Schädelbasis tragen einspitzige, dem Knochen unmittelbar aufgewachsene Zähne, die bei Pelosaurus, Archegosaurus u. a. nach innen strahlenförmig (radiär) gefaltet und außen gestreift sind. Das Hinterhaupt ist bei den paläozoischen Vertretern der Gruppe größtenteils knorpelig, bei den geologisch jüngeren Formen ist es wie bei echten Amphibien mit doppeltem Gelenkkopf versehen.

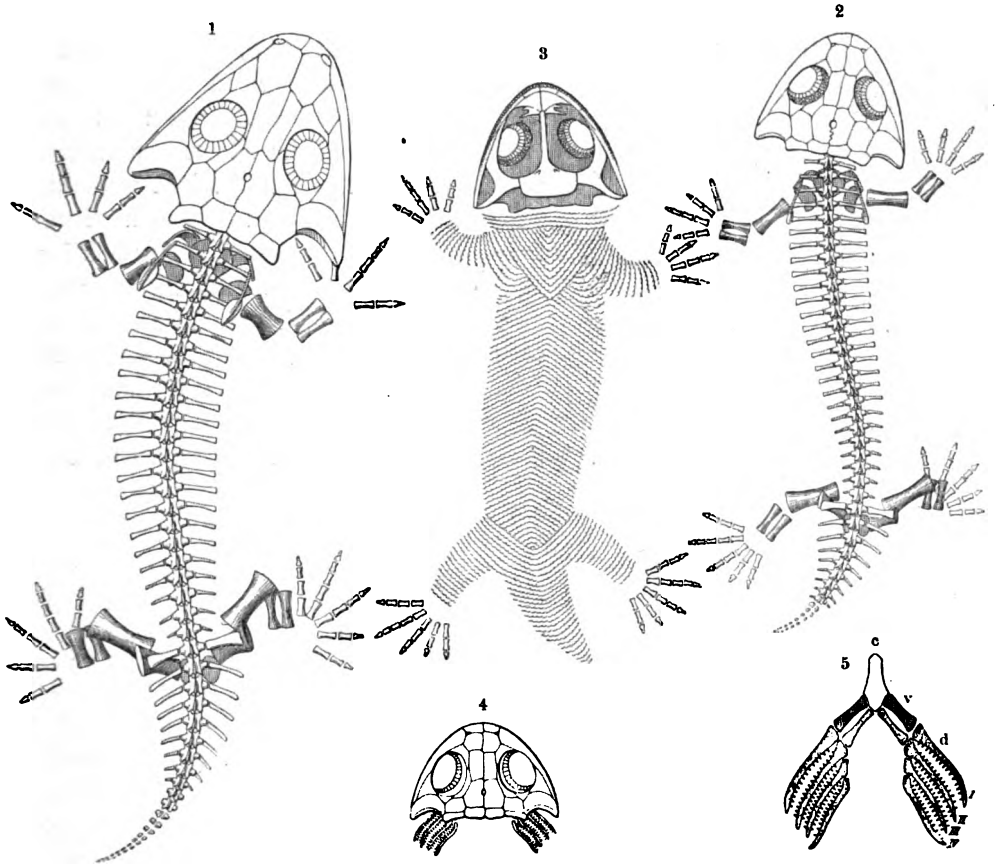


Schädel von Anthracosaurus, aus englischen Kohlenablagerungen.

Eine der hervorstechendsten Eigentümlichkeiten bildet der Schuppenpanzer der Unterseite, dessen Schildchen in regelmäßigen, zur Mittellinie des Körpers symmetrischen Reihen angeordnet waren (s. Abbildung, S. 133, Fig. 3). Der Rücken dagegen blieb nackt, wie bei den übrigen Amphibien. Von den Hautknochen sind ferner drei große, der Brust aufgelagerte Platten, die Kehlbrustplatten, zu erwähnen; erst spät erkannte man die wahre Bedeutung dieser Hautknochen, die mit dem knorpeligen Schultergürtel in Verbindung stehen. Die beiden seitlichen entsprechen

Digitized by Google

den Schlüsselbeinen oder Claviculae, die mittlere der Interclavicula (episternum), und in dieser Lage und Funktion können wir diese Hautknochen stets in engem Anschluß an den eigentlichen Schultergürtel durch alle Ordnungen der höheren Wirbeltiere verfolgen. Der Beckengürtel war nach Art der Lurche gebaut, und auch sonst sind viele Amphibienmerkmale vorhanden; das Becken stützt sich stets nur auf einen Sakralwirbel, die Knochen der Extremitäten bilden hohle Röhren mit knorpeligen Gelenkenden.

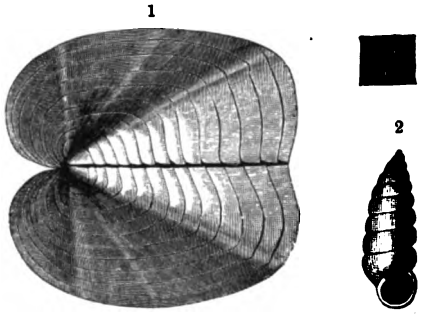


1) Branchiosaurus amblystomus; 2) Pelosaurus laticeps; 3) Branchiosaurus amblystomus, von unten; 4) Schädel der Larve mit bezahnten Kiemenbogen; 5) Kiemenbogenapparat von Branchiosaurus amblystomus: c Copula, I—IV Kiemenbogen, v Ventralsegmente, d Zähnchen tragende Dorsalsegmente. Die punktierten Teile knorpelig, die schraffierten verknöchert. (Nach H. Credner.)
Vgl. Text, S. 132. Zugleich Verbesserung der Abbildung, Band I, S. 39, unten.

Besonders innig gestaltet sich der Anschluß der Stegocephalen an die Amphibien durch die übereinstimmende Embryonalentwickelung, die namentlich durch die schönen Beobachtungen von H. Credner bei Branchiosaurus amblystomus (s. obenst. Abbildung) aus dem mittelpermischen Kalk von Niederhäßlich b. Dresden bekannt geworden ist. Von den kleinsten, 28—30 mm langen Larven bis zu den ausgewachsenen Individuen von 100—120 mm Länge sind alle Übergänge verfolgt worden; es hat sich gezeigt, daß die Larven durch Kiemen atmeten. Die Kiemen selbst sind natürlich nicht erhalten, wohl aber die kleinen Zähnchen, mit denen die vier knorpeligen Kiemenbogen besetzt waren (s. Fig. 4 der Abb.). Im Laufe der Entwickelung wurden die am Halse frei herausstehenden Kiemen samt ihren Trägern, den Kiemenbogen, abgestoßen, die Tiere gingen zur Lungenatmung über. Gleichzeitig spitzte sich der Schädel mehr zu und das Becken verschob sich nach rückwärts, so daß der Rumpf gestreckt, der mit breiten Rippen besetzte Schwanz verkürzt wurde.

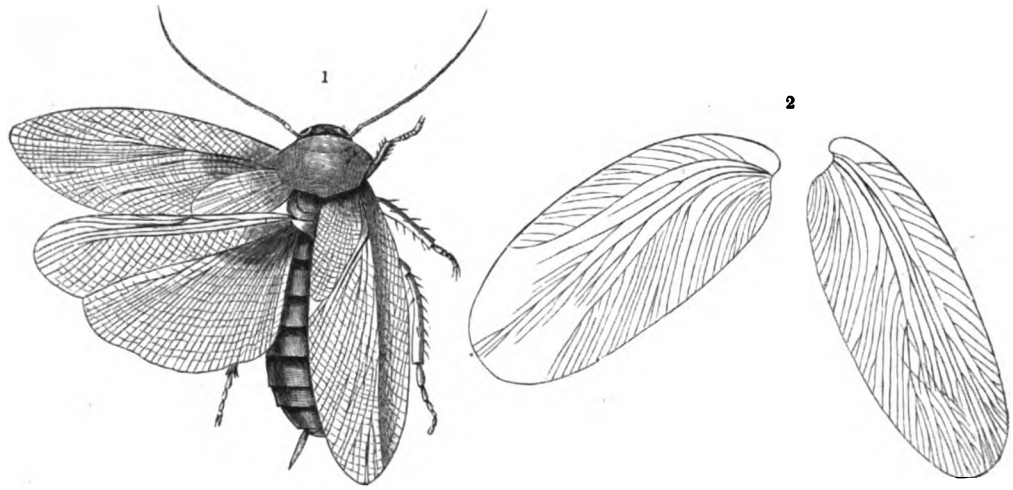
Digitized by Google

Das Vorhandensein eines Larvenstadiums mit Kiemenatmung, wie es sich bei Molchen und Fröschen, niemals aber bei Reptilen findet, in Verbindung mit den zahlreichen anderen Amphibien-Merkmalen läßt keinen Zweifel darüber bestehen, daß die Stegocephalen den Amphibien anzuschließen sind. Anderseits ist aber nicht zu verkennen, daß sich namentlich in der Gestaltung der Schädeldecke eine Annäherung an die Reptile offenbart. Also waren in jenen uralten Zeiten Reptile und Amphibien nicht so scharf geschieden wie heute. Lassen doch auch die ältesten Reptile, die wir später kennen lernen werden, manche primitive und verallgemeinerte Merkmale erkennen. Jedenfalls stehen die karbonischen Stegocephalen den gemeinsamen Stammformen der Reptile und Amphibien viel näher als die größtenteils stark spezialisierten Reptile und die degenerierten Amphibien der Gegenwart und der jüngeren Formationen; sie erweisen sich also in gewisser Beziehung als Kollektiv- und vermöge ihrer primitiven Merkmale auch als Embryonaltypen, wie wir sie nach den Voraussetzungen der Deszendenzlehre in den alten Ablagerungen erwarten müssen.



1) Leaia; 2) Pupa vetusta, aus der Kohlenformation Neuschottlands, etwas vergrößert, darüber ein Stück Schalenoberfläche, stärker vergrößert. (Nach Dawson.) Vgl. Text, S. 135 u. 136.

In ihrer Lebensweise waren alle Stegocephalen in der Jugend ausschließlich Bewohner des Wassers und zwar des süßen Wassers. Wir wissen, daß die Larven z. B. der Branchiosauren



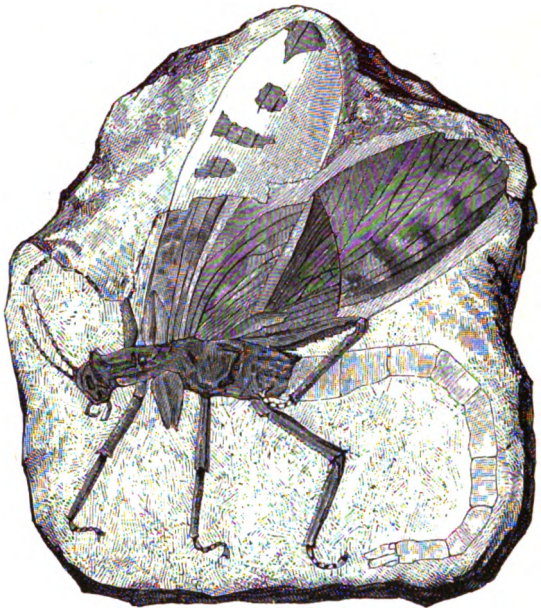
1) Lebende Blatta-Art mit großen Flügeln; 2) Blattina abnormis, aus permischen Ablagerungen von Weißig in Sachsen. (Nach E. Geinitz.) Vgl. Text, S. 137.

zu Tausenden die Wassertümpel bewohnten, in denen sich die mittelpermischen Kalksteine von Niederhäßlich gebildet haben. Oft findet man sie in jenen natürlichen Stellungen im Gestein eingeschlossen, die auch die heutigen Molche im Leben einnehmen. Die ausgewachsenen Tiere werden dagegen in demselben Gestein nur selten gefunden und zeigen dann bisweilen Spuren eines Transportes. Offenbar belebten sie größtenteils das benachbarte Uferland und kamen nur zeitweilig in ihr altes Element zurück. So wie sich der Übergang von den Fischen zu den Dipnoërn in periodisch austrocknenden Teichen und Pfützen vollzogen haben mußte, so entstanden unter denselben Verhältnissen aus Lungenfischen die Amphibien. Dafür spricht auch die Thatsache, daß wir die geologisch ältesten Repräsentanten der Amphibien und Reptile zusammen mit den Resten von

Digitized by Google

Fischen, von Insekten, von Landpflanzen finden, nicht aber in Ablagerungen mit Meeresmuscheln, mit Stachelhäutern, Korallen 2c. Wenn wir in geologisch jüngeren Formationen zahlreiche Reptile in marinen Ablagerungen finden, so sind das nicht Formen, die sich ursprünglich im Meere entwickelt, sondern sich später an den Aufenthalt darin gewöhnt haben.

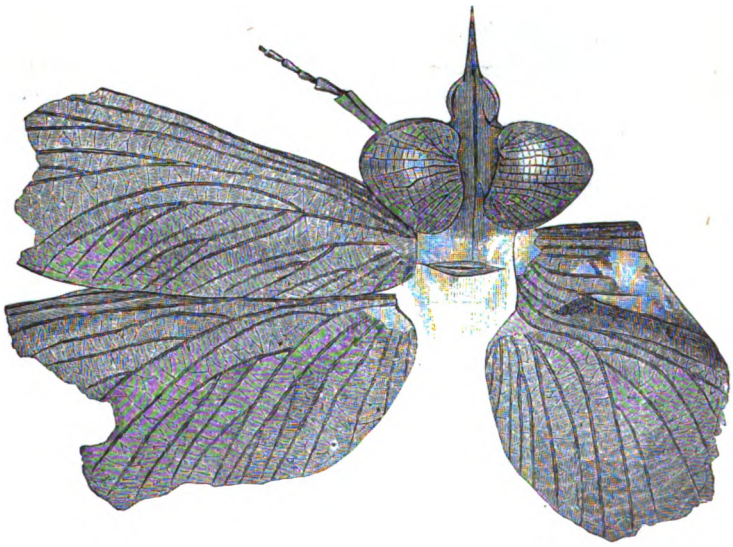
Derselbe Fall tritt in späterer Zeit nochmals ein: der Stamm der Säugetiere hat sich ebenfalls auf festem Land entfaltet, und in den Walen, Delphinen, Seehunden, Sirenen haben wir die Nachkommen ehemaliger Landbewohner zu sehen, die sich später dem Leben im Wasser angepaßt haben.



Protophasma, eine Gespenstheuschrecke aus französischer Kohlenformation. (Nach Brongniart.) Vgl. Text, S. 137.

Wir wenden uns zu den anderen binnenländischen Organismen; von Bewohnern des süßen Wassers sind einige Muscheln der Gattung Anthracosia, die in ihrer äußeren Erscheinung unserer gemeinen Teichmuschel ähnelt, vorhanden. Dazu kommen verschiedene Krebstiere, am häufigsten kleine Schälchen von Phyllopoden oder Blattfüßern, namentlich aus der Gattung Leaia (s. Abbild., S. 134, oben, Fig. 1), ferner treten die letzten Repräsentanten der großen Eurypteriden auf, die wir oben bei Besprechung der Silurfauna kennen gelernt haben.

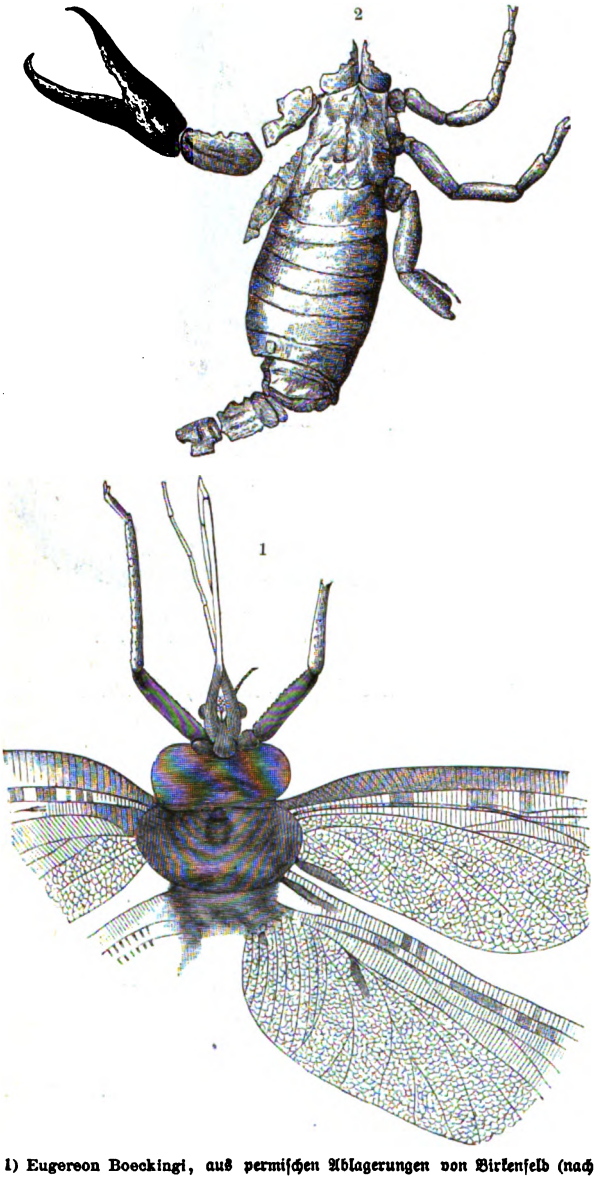
Von größerer Bedeutung sind die Reste von Tieren des festen Landes; unter ihnen finden wir Vertreter der Lungenschnecken, jener Abteilung, in die alle unsere gemeinen Landschnecken gehören; es ist bemerkenswert, daß hier in der Kohlenformation schon eine Anzahl sehr verschiedener Typen auftritt, die aber teilweise noch jetzt lebenden Formen außerordentlich nahe stehen. Wir müssen daraus schließen, daß die Landschneckenfauna der Kohlenformation weit davon entfernt ist, in Wirklichkeit die älteste auf Erden zu sein. Wir müssen voraussetzen, daß schon längst vorher Kontinente mit einer



Lithomantis carbonaria, ein Geradflügler aus englischer Kohlenformation. (Nach Woodward.) Vgl. Text, S. 137.

Digitized by Google

Schneckenbevölkerung vorhanden waren, eine Bestätigung der Ansicht von der uralten Existenz von Festländern. Nicht nur in der Form, auch in der Lebensweise scheinen sich manche dieser Tiere von der Kohlenformation bis heute gleichgeblieben zu sein; die Angehörigen der Gattung Pupa leben heute zum Teil unter der Rinde morscher Bäume, und genau in derselben Lage hat man in der Kohlenformation von Neuschottland fossile Pupa-Arten unter der Rinde eines versteinerten Baumes gefunden (s. Abbildung, S. 134, oben, Fig. 2).



1) Eugereon Boeckingi, aus permischen Ablagerungen von Birkenfeld (nach Dohrn); 2) Cyclophthalmus senior, aus böhmischer Kohlenformation (nach A. Fritsch). Vgl. Text, S. 137.

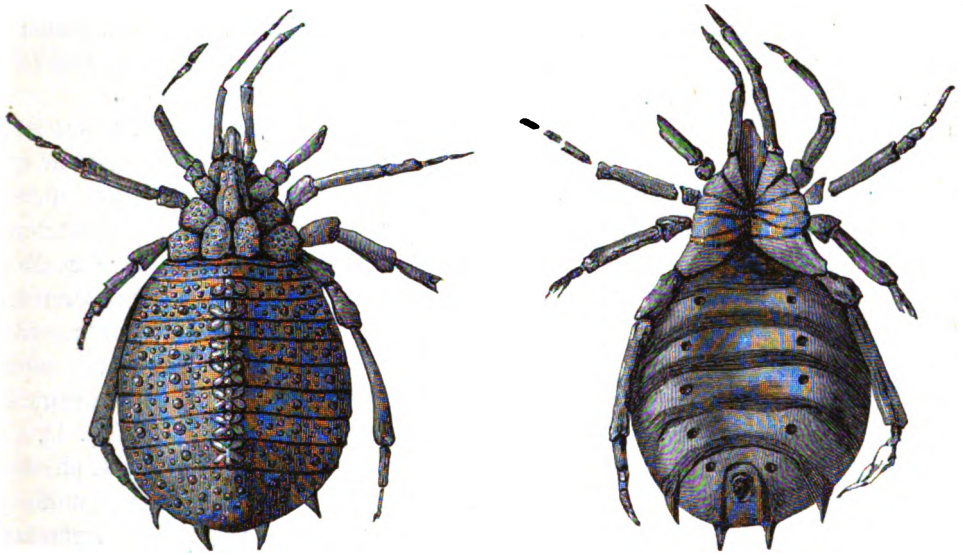
Weit häufiger als Schnecken treten Insekten auf; und wenn sie auch im allgemeinen zu den Seltenheiten gehören, so ist doch schon seit längerem eine ziemlich ansehnliche Artenzahl namentlich aus Deutschland, ferner aus England und Nordamerika bekannt, und Frankreich hat einen wunderbaren Reichtum merkwürdiger Kerbtiere geliefert. Wohl sind auch hier einzelne Formen jetzt lebenden Verwandten ziemlich ähnlich, ihre Gesamtheit aber hat ein wesentlich anderes Bild als heute. Das Volk der Insekten ist von dem Charakter der Pflanzenwelt viel mehr abhängig als irgend eine andere Abteilung des Tierreichs, und vor allem sind es die nektarspendenden Blüten, die „Blumen", von denen ein zahlloses Heer von Kerfen abhängt. Denken wir uns heute alle mit Blumen geschmückten Pflanzen verschwunden, so wäre vor allem fast die ganze Ordnung der Schmetterlinge um ihre Existenz gebracht; dasselbe gilt von einer Menge von Käfern, Immen, Fliegen ꝛc. In der Kohlenformation haben wir nun in der That eine blumenlose Vegetation; nur Farnkräuter, Bärlapp- und schachtelhalmähnliche Gewächse sowie Nadelhölzer bildeten im wesentlichen die Flora, und damit mußte auch das Insektenleben beschränkt sein. In der That kennen wir aus der damaligen Zeit keine Schmetterlinge[1], keine Fliegen, keine Hymenopteren oder

[1] Der angebliche Fund einer Raupe ist im höchsten Grade zweifelhaft, und die Angabe dürfte auf einer Verwechselung beruhen.

Digitized by Google

Hautflügler, zu denen Bienen, Wespen, Ameisen und ihre Verwandten gehören. Auch Wanzen sind bisher nicht bekannt, und selbst die Angaben über das Vorkommen von Käfern sind spärlich.

Vor allem sind die Geradflügler oder Orthopteren, ferner die Netzflügler oder Neuropteren in der Kohlenformation vertreten. Am häufigsten treten die Blattinen auf, Tiere, die mit den bekannten widerlichen Küchenschaben (Kakerlaken, Blatta orientalis, „Schwaben") aufs innigste verwandt sind (s. Abbildung, S. 134, unten), aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls bei Tage sich verborgen hielten und bei Nacht auf ihren Lebensunterhalt ausgingen. Neben ihnen finden sich die Reste von Heuschrecken, namentlich von Gespenstheuschrecken (Phasmiden, s. Abbildung, S. 135, oben), von teilweise ganz riesiger Größe, ferner Eintagsfliegen, Mantiden, Verwandte der bekannten „Gottesanbeterin" (s. die Abbildung von Lithomantis, S. 135, unten),



Eophrynus Prestwichi, aus englischer Kohlenformation, in doppelter Vergrößerung. (Nach H. Woodward.) Vgl. Text, S. 138.

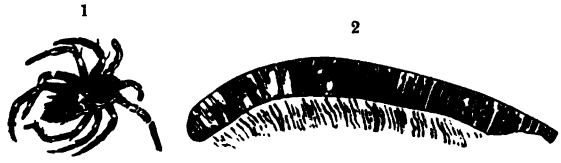
und manche Formen, wie der auf S. 136, Fig. 1 abgebildete (permische) Eugereon Boeckingi, scheinen sich keiner der Insektenordnungen anzupassen, wie sie in der Jetztwelt existieren, sondern Merkmale in sich zu vereinigen, die wir heute auf verschiedene Abteilungen beziehen.

Bedeutend spärlicher als Insekten treten die durch den Besitz von acht Beinen bemerkenswerten Spinnentiere oder Arachniden auf. Schon seit langer Zeit sind Skorpione aus der Steinkohle Böhmens, aus England und Nordamerika bekannt. Die Ähnlichkeit mit den jetzigen ist auffallend groß; wie bei diesen ist auch bei ihren uralten Vorläufern das Kopfbruststück kurz und ungegliedert, daran schließt sich der aus 13 Gliedern bestehende Hinterleib an, dessen vordere 7 Glieder breit sind und noch zu dem sogenannten Rumpf gehören, während die 6 hinteren Abschnitte stark verschmälert den Schweif des Skorpions bilden, an dessen Spitze der Giftstachel und die beiden Giftdrüsen liegen. Außer den vier Beinpaaren sind noch ein größeres und ein kleineres Scherenpaar vorhanden: die Fühler und Taster der Kiefer.

Alle diese Merkmale scheinen auch den paläozoischen Skorpionen zuzukommen, so daß der Betrag der Veränderung, die seit der Kohlenformation stattgefunden hat, nur gering ist: um so auffallender, daß wir aus der ganzen Reihe der nun folgenden Ablagerungen, aus Perm, Trias, Jura und Kreide, keine Spur dieser Tiere kennen und somit in ihrem Vorkommen eine ungeheure, allerdings natürlich nur scheinbare Lücke vorhanden ist.

Digitized by Google

Außer den Skorpionen ist in der Kohlenformation namentlich eine Gruppe verhältnismäßig großer Spinnentiere vorhanden, die sich unter den jetzt lebenden Typen am nächsten an die Afterspinnen oder Phalangiden (Opilioniden) anschließt. Diese spinnenähnlichen Geschöpfe, in unseren Gegenden namentlich durch die bekannten lang- und dünnbeinigen Kanker (Weber, Schneider, Schuster, Geist, Phalangium parietinum) vertreten und in den tropischen Regionen manche abenteuerlich geformte Repräsentanten aufweisend, sind den eigentlichen Spinnen gegenüber dadurch ausgezeichnet, daß der Leib zwischen Kopfbruststück und Hinterleib nicht eingeschnürt und der Hinterleib selbst in eine geringe Anzahl (meist 6) Abschnitte geteilt ist. In der Kohlenformation treten nun einige miteinander verwandte Formen auf, die den lebenden Opilioniden nahestehen (z. B. Kreischeria). Andere Sippen, wie der prächtige Eophrynus (s. Abbildung, S. 137) oder Anthracomartus, entfernen sich schon mehr von den lebenden Typen und zeigen uns, daß damals ein augenscheinlich ausgebreiteter Formenkreis existierte, dessen letzte Ausläufer unsere Afterspinnen sind, der aber bedeutend mannigfaltiger war und vielfach von den jetzt existierenden Verwandten abwich.



1) Protolycosa anthracophila, aus der Steinkohlenformation von Myslowitz, Oberschlesien (nach F. Römer); 2) Xylobius Mazoanus, aus der Steinkohlenformation von Mazon Creek, Illinois (nach S. Scudder).

Die echten Spinnen oder Araneiden, durch die eben erwähnte Einschnürung und durch die ungegliederte Beschaffenheit des Hinterleibes charakterisiert, hat man bis jetzt in der Steinkohlenformation in typischen Vertretern noch nicht nachweisen können. Wohl tragen einige Funde in allgemeiner Körpertracht, in den Füßen, in der Abschnürung des Bauches vom Vorderleib durchaus den Spinnencharakter; indes der Hinterleib ist gegliedert (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1). Es ist das ein Charakter, den wir in der jetzigen Schöpfung bei der einzigen Gattung Liphistium kennen, deren einzige Art bisher nur auf einer kleinen Insel an der Küste von Malakka gefunden worden ist; hier hat sich der letzte Überrest der einst in der Kohlenformation verbreiteten Familie der Liphistiden erhalten, eine der merkwürdigsten Reliquien aus uralter Zeit, ein lebendes Fossil, das durch eine geringe geologische Veränderung für immer vertilgt werden kann. Wahrscheinlich stellen die Liphistiden die Stammformen der echten Spinnen dar; doch wissen wir darüber nichts Näheres, da aus der ganzen ungeheuern Zeit vom Schluß der Kohlenformation bis zum Beginn der Tertiärzeit uns keine Spur von Arachniden überliefert ist.

Außer den Insekten und Spinnentieren ist noch das Auftreten einiger Tausendfüßer an verschiedenen Punkten, namentlich in Nordamerika, ferner in Böhmen und England, zu erwähnen. Wir nennen als Beispiel die Gattung Xylobius (s. obenstehende Abbildung, Figur 2), die in Sigillarienstämmen gelebt hat. Alle diese Reste landbewohnender Tiere kommen jedoch in der Kohlenformation nur spärlich vor, ja die meisten sind nur in je einem Exemplar vorhanden; dagegen treten die Landpflanzen in ungeheurer Menge auf und sind nicht nur für die Urgeschichte der Pflanzenwelt, sondern auch in geologischer Beziehung für die Altersbestimmung und die Wiedererkennung gleichzeitiger Ablagerung in entfernten Bezirken von größter Wichtigkeit.

Digitized by Google

Die Pflanzenwelt der Kohlenformation.

Das Studium der fossilen Pflanzen stößt auf außerordentliche Schwierigkeiten, auf noch weit größere als die, denen man bei tierischen Versteinerungen zu begegnen pflegt; vor allem ist daran schuld, daß wir in der Regel nur vereinzelte Bruchstücke vorfinden, abgefallene Blätter, im günstigen Fall einzelne Zweige, Rindenfragmente, Stammstücke, Wurzelstöcke, isolierte Früchte und Samen ꝛc. Man weiß dann nicht, welche von diesen zerstreuten Teilen zu einer Pflanze gehören; es bleibt nichts anderes übrig, als Hölzer, Blätter, Samen ꝛc. für sich zu untersuchen und es künftigen glücklichen Funden zu überlassen, Aufklärung über die Zusammengehörigkeit der Teile zu geben.

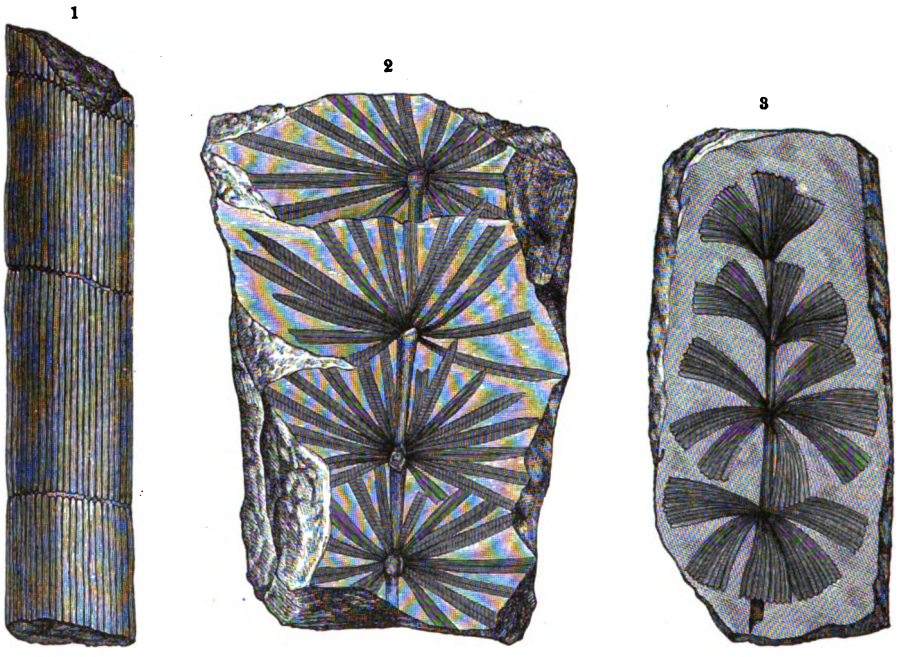
Je näher ein Fund fossiler Pflanzen zeitlich der jetzigen Periode steht, um so leichter wird die Bestimmung durch den Vergleich mit der heutigen Flora; je älter die Ablagerungen, um so fremdartiger wird die Mehrzahl der Typen, um so spärlicher die Verwandtschaftsbeziehung zur Jetztwelt, um so schwieriger und unsicherer die Deutung. Ganz besonders gilt das natürlich von den Vorkommnissen der paläozoischen Ablagerungen. Auf der einen Seite sind von zahlreichen Funden verhältnismäßig große Fragmente der Pflanzen erhalten, bei denen die äußeren Merkmale so gut hervortreten, daß sie mit freiem Auge oder mit schwacher Vergrößerung verfolgt werden können; meist ist es aber nicht möglich, die mikroskopischen Strukturverhältnisse genau zu ermitteln. Auf der anderen Seite finden wir verkieselte oder dolomitisierte Bruchstücke, an denen wir gerade diese Merkmale im Dünnschliff fast so genau prüfen können wie bei lebenden Exemplaren; allein hier ist dann meist die äußere Form so wenig deutlich, daß man sehr oft nicht oder wenigstens nicht genau bestimmen kann, von welcher Pflanze man die Struktur mit so vieler Präzision ermittelt hat.

Lebendes Farnkraut (Aspidium) mit den Fruchthäufchen (Sori) auf der Unterseite des Blattes. Vgl. Text, S. 140.

Es ist ein überaus mühsamer Weg, den die Phytopaläontologie, das Studium der fossilen Pflanzen, zurückzulegen hat. Schritt für Schritt erweitert sich die Kenntnis, es sind bereits schöne Resultate erzielt worden; aber wieviel bleibt doch noch übrig! Anfangs beschränkte man sich hauptsächlich darauf, die äußere Gestalt und die auffallenderen Merkmale zu untersuchen, man gruppierte danach die einzelnen Funde, ohne für die Ermittelung der wahren Beziehungen zu sorgen. So gelang es zwar, einen Überblick über ein großes Gebiet zu gewinnen, die einzelnen Arten wiederzuerkennen und ein für geologische und bergmännische Zwecke ausreichendes System festzustellen. Dabei blieb aber die wirkliche botanische Kenntnis zurück, ja vielfach geriet man in entschiedene Irrtümer. Das mag

Digitized by Google

ein Beispiel erläutern. Die Einteilung der Wedel bei den Farnen wurde wesentlich nach der äußeren Form und dem Verlauf des Blattgeäders, der „Nervatur", vorgenommen. Wenn wir jedoch die lebenden Typen vergleichen, so sehen wir, daß dieses Merkmal durchaus nicht entscheidet, sondern daß eine natürliche Gruppierung nur nach den auf der Unterseite der Blätter befindlichen Häufchen, die die Fortpflanzungskörperchen, Sporen, bergen (s. Abbild., S. 139) und nach der Gestalt der Sporenkapseln oder Sporangien durchführbar ist, während ganz ähnliche Typen von Blattform und Nervenverlauf in ganz verschiedenen Abteilungen vorkommen. Umgekehrt können an derselben Pflanze Blätter von zweierlei, grundverschiedener Nervatur vorhanden sein. Es liegt daher nahe, daß man bei den fossilen Farnen oft ganz verschiedene, nach den Sporangien weit voneinander abweichende Typen miteinander vereinigt, anderseits aber verschieden innervierte,



1) Stammstück von Archaeocalamites radiatus (Calamites transitionis); 2) Annularia; 3) Sphenophyllum. (Nach F. Römer.)
Vgl. Text, S. 141 u. 142.

aber trotzdem zusammengehörige Blätter voneinander getrennt habe. In der That ist schon eine ganze Anzahl solcher Fälle bekannt geworden, wo durch Auffindung der Sporangienstände wesentliche Änderungen haben vorgenommen werden müssen, und manche der verbreitetsten und artenreichsten sogenannten Genera, wie Sphenopteris, Neuropteris, Taeniopteris, Pecopteris, erweisen sich nicht als wirkliche Gattungen, sondern als Nervationstypen, die in verschiedenen Abteilungen der Farnkräuter wiederkehren. Wenn wir also von dem Vorkommen einer Sphenopteris, Neuropteris ꝛc. in der Kohlenformation sprechen, so ist damit keine botanische Bestimmung gegeben, sondern nur der Ausdruck der Ähnlichkeit, die mit einem unbeständigen Typus in einem untergeordneten Merkmal besteht. Trotzdem aber können wir diese künstlichen Sammelgruppen nicht entbehren, solange nicht für alle Arten durch Auffindung von Sporangien der Nachweis für ihre wahre Stellung geliefert ist.

In sachlicher Beziehung hat die Kenntnis der fossilen Pflanzen in neuerer Zeit große Fortschritte gemacht, teils durch ausgedehntere Anwendung des Mikroskops, teils durch Untersuchung großen Materials, wodurch es gelang, die Zusammengehörigkeit bisher nur getrennt

Digitized by Google

bekannter Teile nachzuweisen und Charaktere wie die Fruktifikation der Farne an einer größeren Artenzahl zu verfolgen. In formeller Beziehung hat jedoch dies vorläufig noch keine Besserung mit sich gebracht, im Gegenteil erzeugt der Gegensatz zwischen der empirischen Behandlung nach äußeren Kennzeichen bei einem Teil der Steinkohlenflora und der Anordnung nach rationellen Charakteren bei einem anderen eine überaus verwickelte Gruppierung. Wir können daher nicht allzutief auf die Besprechung der Karbonflora eingehen.

Eine erste Gruppe von Typen schließt sich eng an die jetzt lebenden Schachtelhalme an: die baumförmigen Calamariaceen, eine Familie, die sich von jenen namentlich durch das Auftreten von sekundärem Dickenwachstum[1] und ferner dadurch unterscheiden, daß sich die aus verwachsenen Blättern gebildeten Scheiden an den Knoten der älteren Stengel sehr bald in die einzelnen Blätter auflösen, während die heutigen Schachtelhalme die Scheiden zeitlebens behalten. Am häufigsten kommen die Calamiten vor, Steinkerne der großen Markhöhlungen der Stamm- und der dickeren Stengelteile, die wie die Markhöhle der Schachtelhalme quergegliedert sind. Von anderen zu den Calamariaceen gehörigen Formen sind die Annularien zu nennen, Pflanzenreste mit langen, dünnen Stengeln und mit zahlreichen Wirteln schmaler, am Grunde scheidig verbundener Blätter, die den Rändern der Querscheidewände zwischen den einzelnen Abschnitten des schachtelhalmartig gegliederten Stengels angefügt sind (s. Abbild., S. 140, Fig. 2). Auch bei den Asterophylliten sind die langgestreckten, schmalen

Farne der Kohlenformation: 1) Sphenopteris obtusiloba; 2) Neuropteris flexuosa; 3) Pecopteris dentata (nach F. Römer); 4) Oligocarpia Kliveri (nach Potonié). Vgl. Text, S. 142.

[1] Das sekundäre Dickenwachstum der Pflanzen geht unter Bildung eines geschlossenen Holzringes in den Gefäßbündeln vor sich. Bei Koniferen und Dicotyledonen typisch entwickelt, kann dieses Dickenwachstum auch bei ausgestorbenen baumförmigen Gefäßkryptogamen vorkommen; dagegen fehlt es mit Ausnahme zweier Gattungen den zarten Kryptogamen der gegenwärtigen Flora.

Digitized by Google

Blätter ebenfalls zu Wirteln angeordnet. Es hat sich nun durch glückliche Funde gezeigt, daß die Calamarienstämme Laubzweige von Annularien- und Asterophyllitenform getragen haben, die dicht über den Querabteilungen des Stammes wirtelförmig hervortraten. Deshalb sind aber vielleicht nicht alle Annularien und Asterophylliten auf Calamarien zu beziehen, sondern es könnten in der Gruppe der Calamarien neben baumartigen Formen auch krautartige Gewächse mit Annularienblättern bestanden haben. In der That wird von Renault eine besondere Gruppe von Calamarien ausgeschieden, die wie die Schachtelhalme der heutigen Flora kein Dickenwachstum besaßen und aus horizontal fortwuchernden Rhizomen[1] gesellig hervorwuchsen, während bei den mächtigen Calamodendreen ein sekundäres Dickenwachstum vorhanden war, Rhizome aber fehlten.

Die wirtelig gebauten, ährenförmigen Sporenstände (Windblüten) der Calamarien sind in großer Anzahl und Mannigfaltigkeit bekannt. Einige davon hat man in Verbindung mit Calamarienresten gefunden, bei anderen aber ist dies zweifelhaft; und so muß man sich vorderhand damit begnügen, die Sporenstände für sich zu beschreiben. Auch die Untersuchung der Stämme ist mit großen Schwierigkeiten verbunden; so ist die innere Struktur und das Dickenwachstum durch Anlage eines sekundären Holzkörpers meist nur bei verkieselten Stämmen nachweisbar, und diese liegen fast stets isoliert vor, ohne Laubzweige und Fruchtstände. Die Stücke, die man gewöhnlich findet und als Calamiten bezeichnet (s. Abbildung, S. 140, Fig. 1), stellen, wie schon gesagt, nicht den ganzen Stamm, sondern nur die Ausfüllung des weiten Markrohres vor. Bei der Fossilisation wurde nämlich das lockere Mark rasch zerstört und durch Gesteinsmasse ersetzt, an der die nach innen vorspringenden Keile des Holzkörpers Furchen hervorbrachten. Die kegel- oder spindelförmigen, sich rasch verjüngenden Basalteile zeigen dicht gedrängte Knoten, aus denen an Stelle der Blätter zahlreiche Wurzeln hervortraten.

Mit den Calamarien hat man auch die Gattung Sphenophyllum (s. Abbildung, S. 140, Fig. 3) in Verbindung gebracht; unter diesem Namen werden quergegliederte, krautartige Stengel verstanden, deren keilförmige Blätter ein abgestutztes Vorderende zeigen. Eine nähere Verwandtschaft mit den Calamarien ist aber nicht vorhanden; nach der Struktur der Stengel und dem Bau der Sporenstände finden sich bei Farnkräutern Anknüpfungspunkte, und es bilden die Sphenophylleen eine ganz selbständige Familie der Gefäßkryptogamen.

Die Farne der Kohlenformation scheinen der Mehrzahl nach nicht wie die in unseren Gegenden vorkommenden Formen krautartig gewesen zu sein, es waren meist Baumfarne mit kräftigem, holzigem Stamm, wie sie heute in wärmeren Regionen, namentlich feuchten Klimas vorkommen. Leider tritt uns auch hier störend entgegen, daß sich die einzelnen Teile nicht im Zusammenhang finden; sehr selten mehr sind die fossilen Stämme mit den Wedeln vereinigt.

Die Farnstämme, häufig verkieselt, sind in den Gattungen Caulopteris, Psaronius, Megaphytum ꝛc. untergebracht worden, die sich durch Form, Stellung der Blattnarben und mikroskopische Struktur voneinander unterscheiden. Von weit größerer Wichtigkeit sind die Wedel, deren Studium allerdings mit den größten Schwierigkeiten verbunden ist. Die Abbild. auf S. 141, Fig. 1—3, zeigen einige der wichtigsten, lediglich nach dem Nervenverlauf der Blätter und deren äußerer Form aufgestellten Gattungen, die zwar wissenschaftlich unhaltbar, aber für die praktischen Bedürfnisse, für die Altersbestimmung der Ablagerungen noch unentbehrlich sind.

Die Auffindung der Sporangienhäufchen (s. Abbild., S. 141, Fig. 4) hat für einen Teil der Formen eine richtige Einteilung und damit auch die Möglichkeit ergeben, die Farnflora der Karbonzeit näher mit der jetzigen zu vergleichen. Es ergab sich nach Stur das merkwürdige

[1] Rhizome, Wurzelstöcke, nennt man unterirdische, horizontal wachsende Sprosse, aus denen bald Laubblätter, bald beblätterte Stengel hervorwachsen.

Digitized by Google

Resultat, daß eine in der Jetztwelt nur noch in wenigen Gattungen in den Tropengegenden vorhandene Abteilung, die Familie der Marattiaceen, während der Kohlenformation außerordentlich verbreitet war und den größten Reichtum an Gattungstypen entwickelte. Ferner sind Typen vertreten, die an die Hymenophyllaceen, die Gleicheniaceen, Osmundaceen und Schizäaceen erinnern. Als letzte Gruppe sind vielleicht noch die Ophioglossaceen zu nennen, zu denen jetzt z. B. unser bekanntes, in manchen Gegenden häufiges Botrychium lunaria gehört. An diese Familie werden die Botryopteriden angeschlossen; manche Paläontologen stellen auch die Gattungen Rhacopteris und Noeggerrathia (s. Abb., S. 145) hierher. Diese ziemlich verbreiteten Formen wurden ursprünglich als Cykadeen gedeutet, später aber zu den Farnkräutern gerechnet. Neuerdings wurde abermals, vielleicht nicht mit Recht, auf die ursprüngliche Auffassung zurückgegriffen. Die Polypodiaceen, heute entschieden die größte und umfassendste Gruppe der Farne, sind in der Karbonflora ebenfalls nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden.

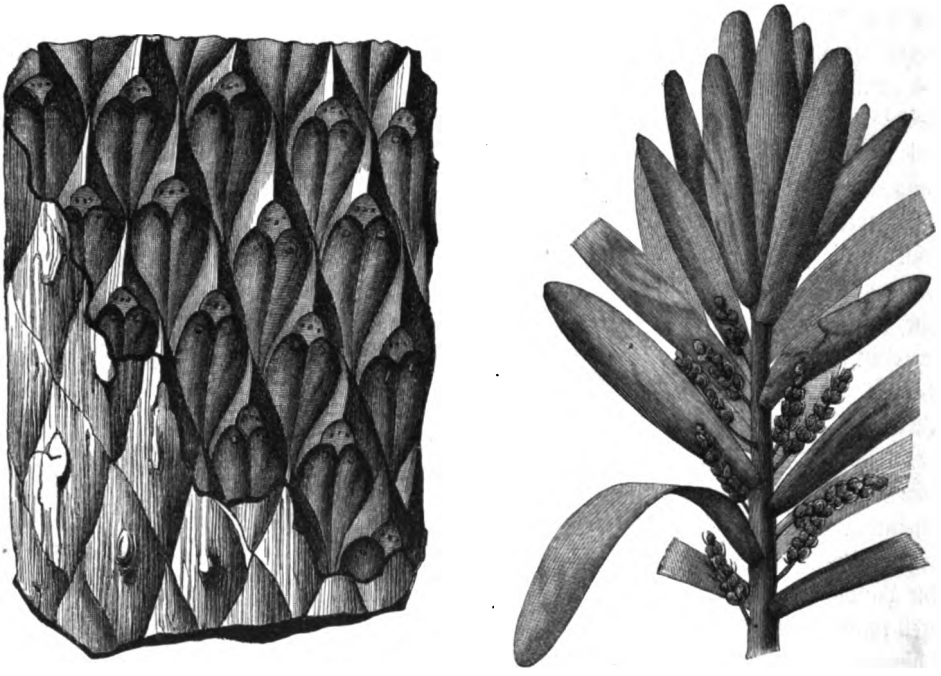
Selaginella spinulosa, eine lebende Bärlapppflanze in natürlicher Größe, die nächste Verwandte der Lepidodendren. Vgl. Text, S. 144.

Wohl als die auffallendste und fremdartigste Erscheinung für unser Auge, wenn wir einen Blick in die Landschaft der Karbonzeit thun wollen, stellen sich die seltsamen Schuppenbäume oder Lepidodendraceen und die Sigillariaceen oder Siegelbäume dar: mächtige Bäume, die Rinde in strengster Regelmäßigkeit mit großen, eigentümlichen Blattpolstern und Narben dicht bedeckt, oft wenig verzweigt und mit grasartigen Blättern besetzt. Sie sind es, die in der Pflanzenwelt der damaligen Periode wohl die größte Rolle spielten und das meiste Material zur Ablagerung der Kohlenflöze geliefert haben. Mag auch die reiche Verzierung des Stammes bei genauerer Betrachtung die Bewunderung erregen, so müssen doch die riesigen Waldbestände, die Lepidodendren und Sigillarien bildeten, im großen einen trostlosen und häßlichen Anblick geboten haben. Die Siegelbäume mit ihrem fast einfachen Stamm, der nur wenige Äste entsandte, indem er sich höchstens in der Höhe ein oder das andere Mal gabelte, mit dem borstigen Laube hatten eine Gestalt wie die einer Bürste zum Reinigen von Lampencylindern; die Lepidodendren gabelten sich zwar öfter, ihre Äste breiteten sich weiter aus, aber sie bildeten keine dichte, schattende Krone, sie zeigten ein Bild von Kahlheit, das den Vorstellungen eines tropisch üppigen Urwaldes, wie

Digitized by Google

man sie von den Wäldern der Kohlenformation hegt, nur wenig entspricht. Zwar ist es schwierig, sich eine hinreichende Idee einer damaligen Landschaft zu machen, doch mag die beigeheftete Tafel „Landschaft der Steinkohlenperiode" wenigstens annähernd einen Begriff von den nach unseren Anschauungen unschönen Vegetationstypen der damaligen Periode gewähren. Die sumpfige Niederung ist mit den schachtelhalmähnlichen Calamarien bedeckt, während die Terrainanschwellung zur Linken einen gemischten Wald von Lepidodendren und Sigillarien zeigt.

Wenn wir für die mächtigen Schuppenbäume der Vorwelt in unserer jetzigen Umgebung nach verwandten Formen suchen, so dürfen wir nicht an solche Gewächse denken, die gleich ihnen hoch in die Lüfte aufstreben. Im ganzen Bau finden wir eine nahe Beziehung zu den meist



1) Stammstück von Lepidodendron Sternbergi mit teilweise erhaltener Rinde (nach F. Römer); 2) Cordaites, stark verkleinert (nach Grand d'Eury). Vgl. Text, S. 146.

kleinen Bärlappgewächsen oder Lykopodiaceen, auch zu den Selaginellaceen, z. B. der Selaginella spinulosa (s. Abbildung, S. 143). Allerdings würde der Laie dieses Verwandtschaftsverhältnis beim Vergleich kaum ahnen, und selbst die Paläontologen waren lange in großer Verlegenheit, was sie mit den Schuppenbäumen anfangen sollten, bis Brongniart durch seine genauen Untersuchungen das Dunkel aufhellte. Der mächtige Stamm ist ganz mit den ziemlich großen, elliptischen „Blattkissen" bedeckt, die, in Spiralreihen angeordnet, nach dem Abfallen der Blätter deutliche Narben zeigen. Diese Blattpolster mit ihren Narben geben Charaktere zur Bestimmung der Arten ab, doch muß man sich ihrer mit großer Vorsicht bedienen, da nicht nur das Alter ihre Form verändert, sondern auch die Erhaltung ihnen ein sehr verschiedenes Aussehen verleihen kann. Die Rinde ist dick und hat sich häufig als eine Kohlenlage erhalten, an der zuweilen die Struktur der Kissen und Narben genau verfolgt werden kann (s. obenst. Abb., Fig. 1); in der Regel aber bröckelt die Kohlenrinde leicht ab, und es erscheinen andere Skulpturen, von denen die als Knorria bezeichnete besonders bekannt ist. Ist endlich die ganze Rinde abgefallen, so sieht man darunter den inneren Abdruck, an dem die Kissen noch zu erkennen sind,

Digitized by Google

LANDSCHAFT DER STEINKOHLENPERIODE.

UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

man sie von den Wäldern der Kohlenformation hegt, nur wenig entspricht. Zwar ist es schwierig, sich eine hinreichende Idee einer damaligen Landschaft zu machen, doch mag die beigeheftete Tafel „Landschaft der Steinkohlenperiode" wenigstens annähernd einen Begriff von den nach unseren Anschauungen unschönen Vegetationstypen der damaligen Periode gewähren. Die sumpfige Niederung ist mit den schachtelhalmähnlichen Calamarien bedeckt, während die Terrainanschwellung zur Linken einen gemischten Wald von Lepidodendren und Sigillarien zeigt.

Wenn wir für die mächtigen Schuppenbäume der Vorwelt in unserer jetzigen Umgebung nach verwandten Formen suchen, so dürfen wir nicht an solche Gewächse denken, die gleich ihnen hoch in die Lüfte aufstreben. Im ganzen Bau finden wir eine nahe Beziehung zu den meist

1) Stammstück von Lepidodendron Sternbergi mit teilweise erhaltener Rinde (nach F. Römer); 2) Cordaites, stark verkleinert (nach Grand d'Eury). Vgl. Text, S. 146.

kleinen Bärlappgewächsen oder Lykopodiaceen, auch zu den Selaginellaceen, z. B. der Selaginella spinulosa (s. Abbildung, S. 143). Allerdings würde der Laie dieses Verwandtschaftsverhältnis beim Vergleich kaum ahnen, und selbst die Paläontologen waren lange in großer Verlegenheit, was sie mit den Schuppenbäumen anfangen sollten, bis Brongniart durch seine genauen Untersuchungen das Dunkel aufhellte. Der mächtige Stamm ist ganz mit den ziemlich großen, elliptischen „Blattkissen" bedeckt, die, in Spiralreihen angeordnet, nach dem Abfallen der Blätter deutliche Narben zeigen. Diese Blattpolster mit ihren Narben geben Charaktere zur Bestimmung der Arten ab, doch muß man sich ihrer mit großer Vorsicht bedienen, da nicht nur das Alter ihre Form verändert, sondern auch die Erhaltung ihnen ein sehr verschiedenes Aussehen verleihen kann. Die Rinde ist dick und hat sich häufig als eine Kohlenlage erhalten, an der zuweilen die Struktur der Kissen und Narben genau verfolgt werden kann (s. obenst. Abb., Fig. 1); in der Regel aber bröckelt die Kohlenrinde leicht ab, und es erscheinen andere Skulpturen, von denen die als Knorria bezeichnete besonders bekannt ist. Ist endlich die ganze Rinde abgefallen, so sieht man darunter den inneren Abdruck, an dem die Kissen noch zu erkennen sind,

Digitized by Google

LANDSCHAFT DER STEINKOHLENPERIODE.

(Nach Aquarell von Ernst Heyn.)

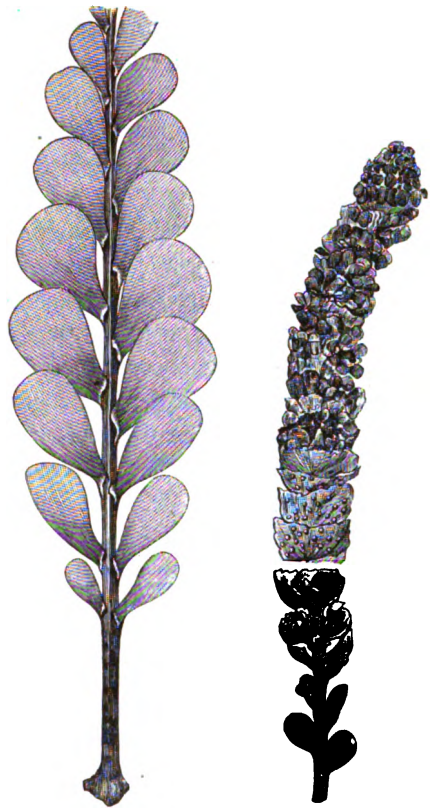
UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

Digitized by Google

aber mit so verschiedenem Aussehen, daß darauf nicht nur eigene Arten, sondern sogar Gattungen, wie Aspidiopsis, gegründet werden mußten. Meistenteils sind die im Gestein liegenden Stämme ganz platt gedrückt, nur die Rinde mit ihren Blattkissen ist gut erhalten, der Holzteil dagegen zu einer dünnen Lamelle komprimiert.

Der mächtige, oft gegen 40 m hohe Stamm gabelt sich in ziemlich beträchtlicher Höhe über dem Boden in zwei ganz gleich starke Fortsätze, ebenso jeder von diesen noch etlichemal, so daß eine beschränkte Zahl von Verzweigungen entsteht. Am unteren Teil des Stammes waren die Blätter abgefallen; die höheren Verzweigungen dagegen waren mit borstigen, grasartigen Blättern dicht besetzt und trugen an ihren Enden zapfenförmige Sporenstände, Lepidostrobus, in der Regel isoliert, die daher nur in besonders günstigen Fällen auf die Mutterpflanze bezogen werden können. Eigentümlich sind die Wurzelstöcke, Rhizome, die Stigmarien, beschaffen, deren wahre Bedeutung lange nicht erkannt worden war. Sie bilden wurzelförmige Körper, bei denen sich ein kurzes, stammartiges Zentrum in vier mehrfach gegabelte Ausläufer teilt. Sie können eine Länge von 6 m und darüber erreichen und sind ganz mit kreisförmigen Narben bedeckt, an denen bei guter Erhaltung cylindrische Anhänge angeheftet sind, die die Funktion von Wurzeln hatten. Diese Stigmarien, die oft zu Tausenden in den Schieferthonen vorkommen, erhielten die verschiedenartigsten Deutungen, bis man sich durch die mikroskopische Untersuchung der inneren Struktur von der Zusammengehörigkeit der Siegel- und Schuppenbäume und Stigmarien überzeugt und Bäume gefunden hatte, die unten in Stigmarien ausliefen. Man kennt Örtlichkeiten, wo Stigmarien zu Tausenden vorkommen und Siegelbäume vollständig fehlen, dagegen Lepidodendren in Menge vorhanden sind, so daß sich die Vermutung aufdrängt, es müßten die Stigmarien auch zu den Lepidodendren gehört haben. Dies wurde durch einzelne Funde von Lepidodendron-Stämmen bestätigt, die mit Wurzelstöcken ganz nach Art der Stigmarien in Zusammenhang standen.



Noeggerathia, aus der Kohlenformation. (Nach Stur.) Vgl. Text, S. 143 u. 146.

Die Übereinstimmung im Bau der Wurzelstöcke bei Sigillaria und Lepidodendron läßt schon auf eine gewisse Verwandtschaft beider schließen, und auch in manchen anderen Beziehungen verhält es sich ähnlich: der Stamm der Siegelbäume ist ganz gerade, säulenartig, entweder ohne jede Spur von Astbildung oder mit nur wenigen Gabelungen; die Blattnarben stehen meist auffallend in senkrechten Reihen übereinander und zwar so, daß die Narben von je zwei nebeneinander stehenden Reihen miteinander abwechseln. Auch die Struktur des Holzes schließt sich eng an die von Lepidodendron an; beide Gattungen zeigen Dickenwachstum durch Bildung sekundären Holzes. Der Erhaltungszustand ist in der Regel wie bei den Lepidodendren, die Stämme sind meist ganz flach gedrückt und die durch Entrindung hervorgebrachten Unterschiede im Aussehen ebenso groß wie bei diesen.

Digitized by Google

So ähnlich aber auch die beiden Abteilungen einander in manchen Punkten sind, so treten doch in anderer Beziehung Verschiedenheiten auf, und es ist infolgedessen die Ansicht ausgesprochen worden, daß die Siegelbäume überhaupt nicht zu den Kryptogamen, sondern zu den Gymnospermen oder nacktsamigen Pflanzen, den Cykadeen und Nadelhölzern gehören oder mindestens eine Mittelstellung zwischen den Kryptogamen und den Cykadeen einnehmen; aber diese Anschauung ist nicht genügend begründet.

Mit Bestimmtheit sind zu den Gymnospermen die Cordaitaceen zu zählen. Man kennt diese Formen schon seit langer Zeit, aber erst vor wenigen Jahren ist deren richtige Deutung gefunden worden. Die Cordaiten waren schlankstämmige Bäume, mit verzweigter Krone und langelliptischen oder bandartig verlängerten Blättern (s. Abbild., S. 144, Fig. 2). Von parallelen Nerven durchzogen, haben diese Blätter viel Ähnlichkeit mit dem Laub der Drazänen. Thatsächlich hat man sie auch lange Zeit zu den Monokotyledonen gestellt und ihre runden oder herzförmigen Samen mit denen der Palmen verglichen, bis durch die mikroskopische Untersuchung der Blütenstände die Zugehörigkeit zu den Gymnospermen erkannt war. Es lassen aber weder die Blütenstände, noch die Samen, noch auch die Struktur des Holzes eine unmittelbare Anknüpfung an eine der jetzt lebenden Gruppen der Gymnospermen zu, und daher müssen die Cordaiten als eine selbständige, den Nadelhölzern und Cykadeen an die Seite zu stellende Gruppe der Gymnospermen betrachtet werden. In vielen Karbonbezirken werden namentlich die Samen (Cordaicarpus, Trigonocarpus) der Cordaiten und die unter dem Namen Araucaroxylon bekannten Stämme in so großer Menge gefunden, daß man an der starken Vertretung dieser Formen in der Karbonflora nicht zweifeln darf. Weniger tritt eine zweite Gruppe von Gymnospermen hervor, die Cykadeen oder Sagopalmen. Wenn die Nöggerrathien (s. Abbildung, S. 145) wirklich als Cykadeen anzusehen sind, was nicht feststeht, so würde auch diese Gruppe zu den im Karbon weitverbreiteten zu zählen sein. Die besten und entscheidendsten, als Plagiozamites beschriebenen Stücke stammen erst aus der Permformation. Manche Hölzer, wie Medullosa, gehören vielleicht in die Verwandtschaft der Cykadeen.

Eigentliche Blütenpflanzen, Angiospermen, sind in der Kohlenformation bis jetzt noch nicht gefunden worden; die höchst organisierten Vegetationsformen dieser Formation sind demnach Gymnospermen.

Bildung der Kohlenflöze.

Wer die Vorkommnisse nicht näher kennt, denkt in der Regel, daß vor allem die Steinkohle selbst wohlerhaltene Pflanzenreste enthalte, und daß deren Flöze die Hauptfundstellen für vegetabilische Fossile sind. Dies ist nicht im mindesten der Fall: die prachtvollen Exemplare von Farnen, Calamiten, Sigillarien, Lepidodendren ꝛc. stammen aus den Schieferthonen und Sandsteinen, die die Steinkohle begleiten, diese selbst enthält fast nie deutliche Pflanzen, sie stellt eine dichte, meist muschelig brechende Masse dar, die dem freien Auge und einer einfachen Vergrößerung keine Spuren organischen Baues zu erkennen gestattet. Selbst im Dünnschliff ist die zellige Struktur wenig deutlich, und erst durch die Anwendung schwieriger Methoden enthüllt sie die zarten Einzelheiten ihres Baues.

Ehe man diese eingehenden Untersuchungen kannte, mußte der Gegensatz zwischen den Schiefern mit ihren trefflichen Pflanzen und den Kohlen, denen sie fehlen, in hohem Grade auffallen. Einige Forscher glaubten sogar daraus folgern zu müssen, daß jene höher organisierten Gewächse nicht oder nicht in einer nennenswerten Weise zur Bildung der Kohlenflöze beigetragen haben:

Digitized by Google

diese hätten sich im Meere abgelagert und wären aus der Zusammenhäufung niedrig organisierter Wasserpflanzen, speziell von Algen, entstanden. Man dachte dabei an Verhältnisse, wie sie jetzt das Sargassomeer darstellt, jener Teil des Atlantischen Ozeans, wo ungeheure Mengen von Tangen das Wasser erfüllen, und man glaubte, daß sich auch heute am Boden des Sargassomeeres Steinkohle bilde. Allerdings spricht gegen diese Auffassung das Fehlen von marinen Tierresten im „produktiven" Kohlengebirge, die unerklärliche Erscheinung, daß die mit den Flözen wechsellagernden Schiefer keine Algen, sondern Landpflanzen enthalten, und das Ergebnis der Tiefseeuntersuchungen, wonach am Boden des Sargassomeeres keine Anhäufungen abgestorbener Tangmassen vorhanden sind. Entscheidend aber sind diese Ansichten erst durch genaue mikroskopische Beobachtungen widerlegt worden, und erst die Arbeiten von Göppert, Gümbel und Renault haben umfangreiches Material so erschöpfend behandelt, daß kein Zweifel mehr möglich ist.

Danach bestehen die Steinkohlen ganz aus Pflanzenteilen und Pflanzentrümmern, die, wenn auch stark angegriffen, doch die pflanzliche Struktur noch erkennen lassen; namentlich Lepidodendren, Sigillarien, Calamarien und ihre verschiedenen Verwandten haben das Material für die Bildung der Flöze geliefert. Die Untersuchung der Gewebe verkohlter Pflanzen hat ferner ergeben, daß die Kohle aus den Blättern, aus dem Holze, namentlich aber aus den Korkschichten der Rinden hervorgegangen ist, und außerdem, daß die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Kohlen wesentlich von der Art der Pflanzen abhängen, die zur Bildung der betreffenden Flöze beigetragen haben.

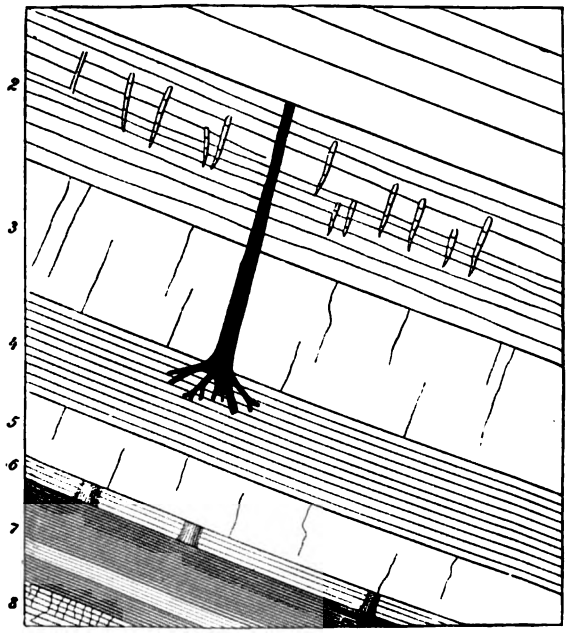
Ist demnach die Bildung der Steinkohlen aus Landpflanzen sichergestellt, so bleibt immer noch die zweite Frage zu lösen übrig, ob die damalige Vegetation unmittelbar an der Stelle, wo sie gewachsen ist, zu Kohle umgewandelt wurde und Flöze gebildet hat, oder ob wir es mit Zusammenschwemmungen vegetabilischer Teile in den Niederungen zu thun haben. Früher glaubte man dem Treibholz, wie es durch Flüsse dem Meere oder den Seen zugeführt wird, einen hervorragenden Anteil an der Flözbildung zuschreiben zu müssen. Es mag nicht ausgeschlossen sein, daß sich einzelne unbedeutende und sehr unregelmäßige Kohlenvorkommnisse, die zwischen marinen Ablagerungen eingeschaltet sind, auf diese Weise gebildet haben; für die normalen Kohlenschichten aber, die sich über weite Strecken mit gleichbleibender Mächtigkeit ausbreiten, darf dies nicht herbeigezogen werden. Daher nimmt man nunmehr in richtiger Würdigung der Schwierigkeiten, die der Treibholztheorie entgegenstehen, nicht mehr an, daß Massen unversehrter Stämme zusammengeschwemmt worden seien, sondern daß in Gegenden mit überreicher, üppiger Vegetation Pflanzenmoder, Holzmulm, kurz, die ganze Menge verwesender Pflanzenstoffe durch die Wasserläufe aus höheren Gebieten in die Tiefe geführt und hier in Binnenseen abgelagert wurden.

Dieser Ansicht steht die Meinung gegenüber, daß die Flöze aus einer an Ort und Stelle gewachsenen Sumpfwaldvegetation entstanden sind. Diese sollte weite Ebenen überzogen und in küstennahen Gebieten nach Art der jetzigen Mangrovewaldungen gegen das Meer hinausgestrebt haben. Die wichtigsten Anhaltspunkte für diese Anschauung bieten Beobachtungen im Untergrund der Flöze, die man zuerst in England, später auch anderwärts gemacht hat. Bei Swansea in Südwales z. B. wird jedes der zahlreichen Flöze von einem sandigen Schieferthon unterlagert, der, gleichsam der Boden der Flöze, Underclay genannt wird. Darin wurzeln zahlreiche Stigmarien, die Wurzelstöcke der Sigillarien und Lepidodendren, oft völlig unverdrückt und in natürlicher Stellung, während Stämme mehrere Meter hoch die Kohlenflöze und die darüberliegenden Sandsteinbänke durchsetzen (s. Abbildung, S. 148). Diese aufrecht stehenden Stämme treten in einer Menge und Regelmäßigkeit auf, die beweist, daß es sich nicht um eingeschwemmte Bäume handelt, die durch die Schwere der an den Wurzeln klebenden Erdballen in senkrechte Lage gebracht sind. Noch bestimmter geht dies aus einem Vorkommnis im Kohlenfeld von Lancashire hervor,

Digitized by Google

wo der Boden, in dem die Bäume wurzelten, mit den Zapfen jener Gewächse übersäet war, und einem anderen in Neuschottland, wo in den Höhlungen solcher Bäume Landschnecken, Tausendfüßer und ein Stegocephalenskelett gefunden wurden. Nach H. Potonié nehmen die cylindrischen, aber meist bandförmig erhaltenen Anhänge der Stigmarien im umhüllenden Schieferthon sehr häufig die natürliche Stellung zum Hauptkörper ein, was bei der äußerst zarten Beschaffenheit dieser Organe nur möglich ist, wenn die Stigmarien an Ort und Stelle gewachsen sind.

Aus diesen Beispielen, die sich leicht vermehren ließen, läßt sich mit Sicherheit schließen, daß die Kohlenflöze oft an Stellen entstanden sind, wo eine reiche Wald- oder Sumpfvegetation vorhanden war. Da ferner oft mehrere Flöze übereinander, durch kohlenfreie Sandsteine und Schiefer getrennt, vorkommen, so folgt daraus, daß die Bedingungen für die Entstehung der Kohlenflöze an derselben Stelle mehrmals gegeben und ebenso oft unterbrochen waren. Eine andere Frage aber ist die, ob die Flöze ausschließlich aus den Abfällen dieser bodenständigen Vegetation bestehen, oder ob auch herbeigeschwemmtes Material an der Kohlenbildung mit beteiligt ist.



Aufschluß der Kohlenformation von South Joggins, Neu-Schottland; 1) Schiefer und Sandstein; 2) Sandstein und Schiefer 2,4 m, mit aufrechten Calamiten; 3) grauer Sandstein 2,1 m; 4) grauer Schiefer 1,2 m, darin wurzelt ein Stamm, der 4,6 m Sandstein und Schiefer durchsetzt; 5) grauer Sandstein 1,2 m; 6) grauer Schiefer 0,15 m, mit aufrechten und niedergestreckten Bäumen mit Wurzelfasern; 7) Kohlenflöz 1,52 m, geteilt durch eine Schieferlage; 8) Unterthon („Underclay") mit Wurzelfasern. (Nach W. Dawson.) Vgl. Text, S. 147.

Es läßt sich ganz gut denken, daß Ströme, deren Betten in Newcastle oder am Rande des südfranzösischen Zentralplateaus noch nachweisbar sind, in die weiten Niederungen der Sumpfwälder oder in flache Binnenbecken oder endlich in die Deltagebiete vegetabilisches Material zugleich mit Kies, Sand und Schlamm verflößt haben. Das grobe Material kam mit den schweren Stämmen und Ästen bald zum Absatz, die feineren Pflanzenstoffe aber konnten weithin verschleppt und dabei sowohl selbständig wie auch an Stellen abgelagert werden, wo schon autochthone, an Ort und Stelle gewachsene pflanzliche Stoffe angehäuft waren. Daß die Verflößung von Pflanzenteilen nicht bloß Vermutung ist, sondern bis zu einem gewissen Grade thatsächlich stattgefunden haben muß, geht unter anderem aus den merkwürdigen Verhältnissen der Kohlenformation bei Jowa-City hervor. Dort dehnte sich die Kohlenformation über die geologisch weit älteren Ablagerungen des Devons und Silurs transgredierend aus; dabei drangen die Sedimente der Kohlenformation in Höhlungen des devonischen Kalksteins ein und bildeten innerhalb dieser Höhlungen kleine geschichtete Absätze. „Thon wurde abgelagert mit Fischzähnen und darüber ein kleines Kohlenband; dieses aber konnte sich wohl nur bilden, wenn die ganze Höhle erfüllt war mit schlammigem Wasser, welchem zersetzte Pflanzenteile schwebend beigemengt waren, die sich in der Höhle gegen oben sammelten. Es wird auch mit Bestimmtheit angeführt, daß den Flözen in Illinois der Unterthon öfters fehlt und sie unmittelbar auf Schiefer oder Kalkstein liegen, in welchen Fällen man einen

Digitized by Google

Transport der vegetabilischen Massen von einem anderen Orte vorauszusetzen habe, und wir wissen, daß diese Flöze gegen Nebraska hin übergehen in Lagen von Schieferthon, welchen nur vereinzelte, zerrissene Pflanzenreste eingestreut sind." (E. Sueß.)

Von den Anhängern der Zusammenschwemmungstheorie wird überdies auf die oft vorhandene feine Schichtung der Flöze und die vielfache Abwechselung dünner Lagen von Schiefer und Kohle hingewiesen, namentlich aber haben aus der genauen Verfolgung des Verwesungsprozesses der Pflanzen Grand'Eury und andere französische Forscher wichtige Gründe für diese Lehre entnommen. Wenig günstig ist dagegen für diese Theorie die Thatsache, daß die Kohlenflöze über ungeheure Flächen, unter Umständen über viele tausend Quadratkilometer, ganz gleichmäßig ausgebreitet sind; denn es ist gewiß wenig wahrscheinlich, daß die verwesenden Pflanzenstoffe über so weite Räume gleichmäßig und ausschließlich zum Niederschlag gelangten.

Sucht man in den Vorgängen der Gegenwart nach Vergleichspunkten, so sind wohl neben den schon erwähnten Mangrovesümpfen, die an niederen Küstenstrecken der Tropenzone undurchdringliche Dickichte bilden, und den üppigen Sumpfwäldern der Deltas und der halbgeschlossenen alten Flußläufe in erster Linie die Torfmoore, namentlich die Waldmoore Nordamerikas, die „Swamps", in Rücksicht zu ziehen. Wohl dürfen wir an keine vollständige Übereinstimmung mit unseren Torfmooren denken, da sich diese wesentlich aus einer Moosvegetation entwickeln, während jene alten Ablagerungen großen, baumartigen Gewächsen ihr Material verdanken; die Übereinstimmung beruht lediglich in dem Vorherrschen gleicher äußerer Verhältnisse, in der unvollkommenen Zersetzung einer Sumpfvegetation infolge des durch Wasser gehinderten Luftzutrittes. Daß die Braunkohlen der Tertiärzeit zum großen Teil nach Art der Torfmoore entstanden sind, wird kaum zu bezweifeln sein; die jüngeren Kohlen der mesozoischen Zeit bilden aber ein Mittelglied, das die Steinkohle der Karbonperiode mit jenen jungen Bildungen verbindet.

So geht aus den Beobachtungen in der Natur eine Reihe von Thatsachen hervor, die für verschiedenartige Vorgänge bei der Entstehung der Steinkohle sprechen. Manche näheren Umstände sind noch nicht genügend aufgeklärt, ziemlich sicher aber scheint zu sein, daß die verschiedenartigen, zur Bildung von Kohlenflözen führenden Vorgänge einander nicht ausschließen müssen. In vielen Fällen mochte die Kohle ausschließlich aus der Anhäufung von Abfällen einer bodenständigen Vegetation hervorgegangen sein, während in anderen auch herbeigeflößte Pflanzenstoffe mitgewirkt oder selbst eigene Ablagerungen gebildet haben konnten. Als Entstehungsraum werden je nach Umständen ebensowohl flache Binnenbecken als breite Flußniederungen und Deltas oder küstennahe Tiefebenen gedient haben.

Wiederholt ist versucht worden, die Zeit zu berechnen, die zur Bildung eines Kohlenflözes nötig war, aber diese Berechnungen ruhen sämtlich noch auf sehr unsicherer Grundlage; gewiß ist nur, daß die Ablagerung des Sandsteins ziemlich rasch erfolgt sein mußte, denn sonst würden sich die in so vielen Gebieten bekannten aufrechten Stämme nicht erhalten haben.

Verbreitung der Kohlenpflanzen und Klima der Kohlenformation.

Können wir uns von der Art und Weise der Kohlenbildung wenigstens in allgemeinen Umrissen ein Bild machen, so stehen doch in wichtigen Einzelheiten viele der schwierigsten Fragen als ungelöste Rätsel da. Schon daß in allen früheren Formationen Kohlenflöze überaus spärlich auftreten, und daß sie uns auch aus allen späteren Zeiträumen wenigstens in weit geringerer Menge bekannt sind, ist überaus schwer zu erklären. Vielleicht noch seltsamer aber ist die geographische Verbreitung der Kohlenflöze und der sie begleitenden Pflanzen, die selbst in weit

Digitized by Google

entfernten Gegenden auffallend gleichmäßig sind. Wohl ist es entschieden unrichtig, die Karbonflora habe eine allgemeine Verbreitung und sei überall dieselbe. So hat z. B. die Karbonflora in Amerika eine bedeutende Zahl teilweise häufiger Arten aufzuweisen, die in Europa fehlen; und auch sonst sind manche Anzeichen einer klimatischen Differenzierung der Karbonflora vorhanden.

Immerhin bleibt es auffallend genug, wenn wir eine wenigstens der Hauptsache nach übereinstimmende Pflanzenbevölkerung in Europa, in Sibirien, China, auf der Sinathalbinsel und in Nordamerika, Brasilien, Australien und Tasmanien und ebenso in den eisigen Polarregionen auf der Bäreninsel, auf Spitzbergen, Nowaja Semlja und im polaren Amerika antreffen. Es hat dies den Geologen schon viel Kopfzerbrechen verursacht und wird es auch in Zukunft thun. Die Menge der in den Flözen abgelagerten Kohlen hat zu der Annahme geführt, daß eine üppige Vegetation, wie sie sich nur in tropischer Hitze entwickeln konnte, vom Äquator bis zu den Polen verbreitet war, und daß auf der ganzen Erde ein gleichmäßiges, warmes Klima geherrscht habe. Aber die Grundvoraussetzungen dieser Anschauung leiden schon an einigen ganz gewaltigen Fehlern. Erstens ist es absolut falsch, daß eine üppige Vegetation nur in heißen Ländern vorkommen könne: die Urwälder des Feuerlandes und vieler Gegenden der gemäßigten Zone entwickeln einen enormen Reichtum vegetabilischen Lebens, der allen Anforderungen für die Kohlenbildung vollauf genügen würde. Indessen ist auch gar kein zwingender Grund für die Annahme vorhanden, daß die Kohlenflöze durch eine reiche Vegetation gebildet worden seien. Die weitaus größten und wichtigsten Ansammlungen von Pflanzenstoffen bieten heute die Swamps und die Torfmoore; diese verdanken das Material zu ihrer Bildung vorwiegend wenigen Moosen. Für die Entstehung einer derartigen Lagerstätte handelt es sich eben in erster Linie nicht um die Menge der Pflanzenstoffe, sondern darum, ob die äußeren Verhältnisse deren rasche Zersetzung verhindern. Diese geht bei hoher Temperatur vollständiger vor sich als bei niedriger, und so kommt es, daß nirgends in warmen Ländern Torfmoore oder andere ihnen vergleichbare Anhäufungen von Pflanzenstoffen auftreten. Die Torfbildungen, die allein in der Jetztzeit mit den Kohlenflözen verglichen werden können, sind durchaus auf kühle und kalte Gegenden beschränkt, und man hat diesen Umstand, vermutlich mit Recht, als Beweis dafür angesehen, daß die Steinkohlenbildung ebenfalls in keinem tropischen Klima stattfand.

Zur Stütze der gegenteiligen Auffassung wurde namentlich auf die Baumfarne hingewiesen, die in der Kohlenformation in so großer Mannigfaltigkeit vorkommen und in der That rezenten Formen aus den Tropen nahestehen. Indessen wissen wir, wie wenig verläßlich die Analogieschlüsse auf die Lebensverhältnisse uralter Organismen sind, die wir aus der geographischen Verbreitung verwandter Typen in der Gegenwart ziehen (vgl. S. 25). Außerdem ist das Auftreten der Baumfarne in den Tropen durchaus keine ausnahmslose Regel, denn man kennt auf der südlichen Halbkugel eine Anzahl von Baumfarnen in der gemäßigten Zone, ja sie erstrecken sich in Südamerika sogar auf Gegenden mit ziemlich kaltem Klima.

Also liefert das Vorkommen von Baumfarnen durchaus keinen entscheidenden Beweis für heißes Klima, und noch weit weniger ist das der Fall mit einer anderen noch heute lebenden Pflanzenabteilung der Kohlenformation, mit den Koniferen oder Nadelhölzern, die in der gemäßigten Zone ihre Hauptverbreitung finden. Man hat endlich behauptet, die Calamarien und vielleicht auch Sigillarien und Lepidodendren seien einjährige Pflanzen gewesen, die innerhalb Jahresfrist ihre gewaltige Größe erreichten und dann abstarben. Beispiele einjähriger Gewächse von so mächtigen Dimensionen kommen allerdings nur unter den Tropen vor; indes daß die genannten Kohlenbäume in diese Kategorie gehörten, ist eben nur eine unbewiesene Vermutung.

Man hat bei diesen Betrachtungen auch die Meeresfauna berücksichtigt und namentlich dem Vorkommen von Riffkorallen im hohen Norden eine ausschlaggebende Bedeutung zugeschrieben,

Digitized by Google

da diese heute nur in Meeren leben, wo die Temperatur des Wassers das ganze Jahr nicht unter 20° C. herabsinkt. Aber selbst dieses bestechende Argument ist, wie wir oben (S. 26) gesehen haben, durchaus nicht entscheidend.

Fassen wir diese Ergebnisse zusammen, so finden wir, daß, abgesehen von der wenig erforschten südlichen Halbkugel, vom 30. bis zum 76. Grade nördlicher Breite eine ziemlich übereinstimmende Vegetation herrschte, die auf ein gleichmäßiges, aber nicht warmes Klima deutet.

Natürlich drängt sich sofort die Frage nach den Ursachen dieser merkwürdigen Erscheinungen auf. Man dachte daran, daß die innere Erdwärme in den alten Formationen, als die feste, erkaltete Erdkruste noch weit dünner war als heute, einen wesentlich bestimmenden Einfluß auf das Klima ausübte; man stellte sich vor, daß infolge dieser unterirdischen Heizung überall eine gleichmäßige, so bedeutende Wärme herrschte, daß die Sonnenwärme daneben nicht mehr in Betracht kam. William Thomson hat aber schlagend und vollkommen sicher nachgewiesen, daß eine solche Annahme schlechterdings in den Bereich der Unmöglichkeit gehört. Eine wesentliche Erhöhung der Temperatur auf diesem Wege ist ein für allemal ausgeschlossen, da sie in außerordentlich geringer Tiefe unter der Oberfläche schon ganz enorme Hitzegrade voraussetzen würde, und wir werden später weitere geologische Thatsachen kennen lernen, die diese Auffassung vollauf bestätigen.

Eine andere Annahme ging dahin, daß die Gleichmäßigkeit des Klimas nicht einer Folge des starken Überwiegens der Erdwärme über die Wirkung der Sonne direkt zuzuschreiben sei, sondern daß während der Steinkohlenzeit eine starke und dichte, an Kohlensäure und Wasserdampf überreiche Atmosphäre existiert habe mit Nebeln und Wolken, denen heftige Regengüsse entströmten, während die Sonnenstrahlen nicht zum Boden dringen konnten. Unter solchen Umständen wird eine Wirkung der Erdwärme für annehmbarer gehalten, es soll auch bei Tage nur trübes Dämmerlicht, aber dafür von Pol zu Pol eine feuchte, schwüle Hitze geherrscht haben, die das üppige Gedeihen der Steinkohlenflora riesig gefördert hätte. Aber auch dies sind ganz unhaltbare Vorstellungen. Was den angeblichen Kohlensäurereichtum der damaligen Atmosphäre anlangt, so stützt man sich auf das Vorhandensein der Kohlenflöze, die ja das Material zu ihrer Bildung dem Kohlensäurevorrat der Lufthülle entnommen haben müssen. Die enorme Menge von Kohlensäure, die in den Steinkohlenflözen gebunden ist, war also, so wurde angenommen, zur Karbonzeit in der Atmosphäre enthalten, ebenso die Kohlensäure der damals gebildeten Kalksteine, Dolomite ꝛc. Durch Berechnung dieser Quantitäten gelangte man zu dem Schluß, die Kohlensäure habe damals ungefähr 30 Prozent der Atmosphäre betragen. Dabei wird ganz übersehen, daß die Kalke, die von den Meeresorganismen der Karbonzeit ausgeschieden wurden, dem Meere entnommen waren, und dieses erhielt sie wiederum durch die Flüsse, die ihren Kalkgehalt der Denudation schon längst vorgebildeter Kalklager verdanken. Was aber die Landvegetation betrifft, so brauchte diese keineswegs besonders üppig gewesen und ausnehmend rasch entstanden zu sein, da es ja bei der Bildung der Kohlenflöze viel weniger auf die Menge der vegetabilen Stoffe, als auf die für ihre Erhaltung günstigen Bedingungen ankommt. Vegetationsverhältnisse wie die heutigen genügen vollauf zur Bildung von Kohlenlagern, und doch wird durch diese die prozentuale Zusammensetzung der Luft durchaus nicht beeinträchtigt. Der Verbrauch von Kohlensäure wird in der Gegenwart durch die Exhalationen der Vulkane, der Mofetten und Kohlensäuerlinge und andere zahlreiche, verwickelte Prozesse vollständig gedeckt; dasselbe war offenbar zur Karbonzeit der Fall, denn wir haben gar keinen Grund, einen größeren Jahresbedarf für die damalige Zeit vorauszusetzen als heute. Eine kohlensäurereiche Atmosphäre hätte eine intensive Auflösung der Kalklager und starke Verwitterung zur Folge gehabt und zu einer Veränderung in der Zusammensetzung des Meerwassers geführt, die auf die Meeresorganismen hätte Einfluß nehmen müssen. Davon ist aber nichts zu bemerken, die Marinfaunen der Karbonperiode haben dieselbe

Digitized by Google

Allgemeinbeschaffenheit wie in allen anderen Formationen. Auch der Charakter der Insektenwelt weist auf Verhältnisse hin, die den heutigen entsprechen; und die Pflanzen wären in der dichten Atmosphäre mit ihrem trüben Dämmerlicht nur kümmerlich fortgekommen, denn gerade für diese ist ja heller Sonnenschein Grundbedingung. So sehen wir, daß diese phantastischen Vorstellungen einer Kritik nicht im mindesten standhalten und unbedingt zu verwerfen sind.

Sowie allgemeine tellurische Ursachen das Vorkommen der Karbonflora in hohen Breiten nicht erklären, so haben sich auch die verschiedenen kosmischen Erklärungsversuche: ehemals bedeutendere Größe der Sonne, Änderungen in der Exzentrizität der Erdbahn, in der Schiefe der Ekliptik, in der Stellung der Pole, Durchgang des ganzen Sonnensystems durch wärmere Teile des Weltraumes, als unzulänglich erwiesen. Von allen bisherigen Vorstellungen bleibt nur eine übrig, an die die Forschung der Gegenwart anknüpfen kann: die Annahme, daß Änderungen in der gegenseitigen Verteilung des Festen und Flüssigen auf die Gestaltung der klimatischen Verhältnisse von großem Einfluß waren. Allgemein bekannt ist der Unterschied zwischen kontinentalem und insularem Klima, die Kontinente bilden die Gebiete der größten Temperaturschwankungen, die Inseln und Küstenländer zeichnen sich durch deren Ausgleich und Abschwächung aus. Dazu kommt noch der gewaltige Einfluß warmer Meeresströmungen, wie des Golfstroms der Gegenwart, der sich bei jeder Änderung der Umrisse und der Lage der Kontinente geltend machen muß.

Das Problem, das wir hier berührt haben, kann übrigens nicht einseitig auf Grund der Verhältnisse der Karbonzeit gelöst werden; denn wir sehen ganz ähnliche Verhältnisse, nämlich Anzeichen milden Klimas in hohen Breiten, bis in die Kreideperiode, ja bis in die Tertiärzeit herrschen. Gerade bei der Kohlenformation ist die Behandlung dieser Fragen besonders schwierig, denn sie erfahren noch eine bedeutende Komplikation durch gewisse Verhältnisse der südlichen Hemisphäre, die wir weiter unten kennen lernen werden.

Eine gewisse Bedeutung für dieses schwierige Problem wird man der gegenseitigen Verteilung von Festland und Ozean unter keinen Umständen absprechen können; ob aber diese allein die Summe der Erscheinungen erklären kann, müssen wir vorläufig noch dahingestellt sein lassen.

Verbreitung und Gliederung der Kohlenformation.

Es gibt wohl keine geologische Formation, über die eine solche Menge eingehender und genauer Detailbeobachtungen über die Lagerung und Schichtfolge bis in die kleinsten Einzelheiten gemacht worden ist, als über die Steinkohlenformation. Die ausgezeichneten Aufschlüsse in zahllosen Bergwerken, das ungeheure praktische Interesse, das diese Untersuchungen gebieterisch heischte, gaben hierzu Veranlassung, und so kommt es, daß man die einzelnen Vorkommnisse hier außerordentlich genau kennt. Wenn man aber weiter gehen will, wenn man sich über die Beziehungen der einzelnen örtlichen Schichtgruppen zu einander klar werden, eine allgemeine Gliederung der Kohlenformation, die allmähliche Umgestaltung des organischen Lebens während ihrer Ablagerung kennen lernen will, so ist das Ergebnis weniger befriedigend. Erst in neuester Zeit ist es gelungen, die Grundzüge der allgemeinen Gliederung der Kohlenformation festzustellen.

Die Verhältnisse in England waren für die ganze Auffassung und Gliederung des Kohlengebirges maßgebend, und wir werden uns daher mit ihnen in erster Linie beschäftigen müssen. In außerordentlicher Verbreitung treten in verschiedenen Teilen des Landes die Ablagerungen auf, sie bedecken einen Flächenraum von nahezu 30,000 qkm und führen einen Reichtum an Kohlenflözen, der nur von dem Osten Nordamerikas und von China übertroffen wird. Es ist jedoch hier nicht der Ort, näher auf das Vorkommen und die Verwertung dieses wichtigen

Digitized by Google

Brennmaterials, des Hauptfaktors der modernen Industrie-Entwickelung, einzugehen, wir widmen diesem Gegenstand an einer anderen Stelle dieses Werkes eine ausführliche Darstellung und beschäftigen uns hier nur mit der geologischen Gliederung.

In verschiedenen Gegenden von England finden wir den unteren Teil der Formation aus kalkigen Meeresablagerungen, dem sogenannten Bergkalk oder Kohlenkalk, gebildet, der in Menge wohlerhaltene Versteinerungen, namentlich häufig Produkten und Spiriferen aus der Abteilung der Brachiopoden, ferner Muscheln, Schnecken, Cephalopoden, zahlreiche Korallen und Echinodermen enthält. Über dem Kohlenkalk folgt der Millstone grit oder flözleere Sandstein, der allerdings in verschiedenen Gegenden Englands sehr an Mächtigkeit wechselt, von 1 bis zu 250 m, und zu oberst liegt dann das produktive Kohlengebirge (Coal measures), Schieferthone, Sandsteine, Konglomerate, Kohlenflöze mit reicher Landflora und ziemlich vereinzelten Resten von Land- und Süßwassertieren.

In Devonshire im südwestlichen England tritt an Stelle des Kohlenkalkes ein System von Schiefern und Sandsteinen auf, die untergeordnete Kalkbänke und in ihrem oberen Teil Flöze einer unreinen Kohle enthalten; dieser Schichtenkomplex wurde von Murchison und Sedgwick mit dem Namen der kulmführenden Schichten belegt, nach dem Lokalnamen Kulm, den dort die Kohle führt. Landpflanzen kommen mehrfach vor, und in der unteren Hälfte finden sich in kalkigen Schiefern und Kalken mit Pflanzen zusammen marine Reste, unter denen namentlich eine Muschel, Posidonomya Becheri (s. die Abbild., S. 126, oben), sowie einige Goniatiten (Goniatites sphaericus, mixolobus) hervortreten. Ablagerungen von ganz ähnlicher Art wie diese untere Abteilung der kulmführenden Schichten von Devonshire treten nun auf dem Kontinent in großer Verbreitung auf, sie enthalten zahlreiche Landpflanzen, darunter Archaeocalamites radiatus (Calamites transitionis) und Lepidodendron Veltheimianum. Posidonomya Becheri und die oben genannten Goniatiten begleiten sie und bilden die wichtigsten Typen einer an Arten armen, aber oft individuenreichen Meeresfauna. Diese Bildung ist jetzt ganz allgemein unter dem Namen Kulm bekannt und tritt in großer Ausdehnung im Harz, in Westfalen, den Rheinlanden, Nassau, im Elsaß, in Schlesien und Mähren auf, ja er ist auch in Spanien an mehreren Punkten nachgewiesen, und selbst in Nordamerika scheinen ganz ähnliche Gebilde in Tennessee vorzukommen.

Abgesehen von dem Kulmgebiet in Devonshire sind in England namentlich vier große Kohlenfelder vorhanden: im südlichen Wales, im nördlichen Wales und den anstoßenden englischen Grafschaften, in den nördlichen Teilen an der schottischen Grenze und endlich in den zentralen Gegenden des Königreiches. Auch in Schottland sind ausgedehnte Ablagerungen in dem Flachland zwischen dem Grampiangebirge im Norden und dem südlichen Bergland vorhanden, die durch das Auftreten von Schiefern und Sandsteinen, dem Calciferous sandstone, und von kohlenführenden Bildungen innerhalb des Bergkalkes ausgezeichnet sind.

In argem Kontrast zu England und Schottland steht die Nachbarinsel Irland, der die Natur den gewaltigen Kohlenreichtum und damit die Grundlage für eine gleich hohe industrielle Entwickelung versagt hat. Zwar fehlt die Karbonformation durchaus nicht, sie nimmt sogar einen verhältnismäßig weit größeren Raum ein als in Großbritannien, sie bedeckt etwa die Hälfte der ganzen Oberfläche; aber es sind fast nur marine Gebilde, Kohlenkalk und Kulm, während produktive Bildungen wenig Anteil an dem Aufbau des Landes nehmen. Im Süden Irlands liegt unter dem Kohlenkalk eine Binnenbildung, der Glangoriff grit, der dem Calciferous sandstone Schottlands entspricht.

In dem einen Punkte stimmen alle größeren englischen Ablagerungen der Kohlenperiode überein, daß sie nahe dem Meere, paralisch, entstanden sind. Durch die massenhafte Anhäufung

Digitized by Google

von unterkarbonischen Sedimenten wurde dem Meere Neuland abgewonnen; auf diesem bildeten sich in flachen, sumpfigen Niederungen die flözführenden Schichten, die durch die Einlagerung dünner kalkiger Bänke mit Meeresversteinerungen verraten, daß sie wiederholt von gelegentlichen Einbrüchen des Meeres heimgesucht wurden.

Auf dem Kontinent findet man diesen paralischen Typus der Kohlenformation in Nordfrankreich und Belgien, in der Gegend von Aachen, in Westfalen, in Ober- und in Österreichisch-Schlesien, bei Ostrau in Mähren, bei Krakau und Dombrowa in Polen. Schließt sich Belgien durch die versteinerungsreiche Ausbildung des Kohlenkalkes am engsten an England an, so herrscht in Deutschland in der unteren Abteilung der Formation der Kulm, und an Stelle des flözfreien Millstone grit treten zum Teil die flözführenden Ostrauer Schichten (vgl. die Tabelle, S. 155). Auf dem Kontinent ist aber noch ein zweiter Typus der Kohlenformation, der limnische, reich entwickelt, der in England wenig verbreitet ist. Solche limnische Ablagerungen wurden weit landeinwärts in Mulden der alten Festländer gebildet und waren dem Einfluß des Meeres vollständig entrückt. Sie ruhen nicht, wie die paralischen Kohlenflöze, auf Kohlenkalk oder Kulm, sondern auf verschiedenen geologisch älteren Felsarten, oft unmittelbar auf dem Urgebirge. Die Entstehung in bald größeren, bald kleineren Landseen geht aus vielen Beobachtungen klar hervor: in Böhmen liegt ein mächtiges Kohlenflöz fast unmittelbar auf dem Grundgebirge, von dem es nur durch eine dünne Thonlage getrennt ist, und dem es sich in allen Unebenheiten anschmiegt, im Becken von Commentry in Frankreich konnte in den karbonischen Sandsteinen und Konglomeraten ein Wildbachdelta mit massenhaften, aus den kristallinischen Felsarten der Umgebung stammenden Geröllen erkannt werden. Diese Becken wurden durch das bald mehr, bald minder grobe und wohl stets reichlich geförderte Geschiebematerial der einmündenden Flüsse allmählich ausgefüllt, und wo die Bedingungen günstig waren, kam es zur Bildung von Steinkohle. Nach obenhin gehen die limnischen Karbonschichten ohne scharfe Grenze in die Permformation über, da auch diese aus Sandsteinen mit Pflanzenresten und aus Kohlenflözen zusammengesetzt ist. Zu dem limnischen Typus gehören die Kohlenfelder im Inneren von Böhmen, die kleinen Becken des französischen Zentralplateaus und an der unteren Loire, die Kohlenvorkommnisse im Schwarzwald, in Thüringen und im Banat. Meist entsprechen diese Ablagerungen den jüngsten Teilen des Oberkarbons, nur in den Kohlenfeldern von Saarbrücken und von Waldenburg in Niederschlesien begann die limnische Bildung mit den Waldenburger Schichten schon in der Mitte der Karbonformation und hat ohne Unterbrechung bis in die Permformation angehalten.

Durch genaue Untersuchungen ist festgestellt, daß die europäischen Karbonablagerungen vier aufeinander folgende Landfloren enthalten. Die erste entspricht den im Kulm eingeschwemmten Landpflanzen, die zweite, sehr weit verbreitet, stammt aus dem Horizont der Ostrau-Waldenburger Schichten und dem Millstone grit. Etwas beschränkter ist schon die Verbreitung der dritten, den Schatzlarer und Saarbrückener Schichten entsprechenden Flora, und die vierte endlich ist durch eine weitgehende Spezialisierung in einzelne Lokalfloren bemerkenswert. Das Oberkarbon war die Zeit der intrakarbonischen Faltung; die altpaläozoischen und unterkarbonischen Felsarten wurden in dieser Periode zu mächtigen Gebirgszügen aufgestaut (vgl. Band I, S. 363 und 366), und man vermutet, wahrscheinlich mit Recht, daß hierdurch wechselvolle geographisch-klimatische Bedingungen geschaffen wurden, die die Spezialisierung von Lokalfloren zur Folge hatten. Es sind also in der Kohlenperiode sowohl Meeres- wie Festlandsablagerungen entstanden, von denen in Mittel- und Westeuropa jene hauptsächlich in der Unter-, diese in der Oberstufe der Formation entwickelt sind.

Wesentlich andere Verhältnisse haben dagegen im europäischen Rußland geherrscht. In diesem gewaltigen Ländergebiet breiten sich die Ablagerungen der Kohlenformation über eine

Digitized by Google

riesige, auf 2 Millionen qkm geschätzte Fläche aus, sind aber größtenteils von jüngeren Bildungen bedeckt und erscheinen nur in vier Partien an der Oberfläche, in der Gegend von Moskau, im Becken des Donez, im Ural und im Timan. An Stelle der terrestrischen Kohlenschichten des Westens treten hier im Oberkarbon echt marine Kalke auf, namentlich durch das massenhafte Vorkommen der oben genannten Foraminiferengattung Fusulina gekennzeichnet. In Zentralrußland unterscheidet Nikitin in diesen Fusulinenkalken zwei Stufen, die obere Gshel- und die untere Moskauer Stufe, beide mit reichen Faunen ausgestattet (s. die untenstehende Tabelle).

	Marine Entwickelung.		Binnen-Entwickelung.	
Perm	Fauna von Djulfa Val Sosia Oberer Produktuskalk des indischen Salzgebirges	Zechstein Bellerophonkalk	Rote, fast versteinerungsfreie Mergel in Texas, Rußland (Übergang zur Untertrias)	
	Mittlerer Produktuskalk des indischen Salzgebirges, Stufe von Artinsk, im Ural und in Buchara, Wichita Beds, Texas		Rotliegendes: Lebacher Schichten, Kuseler Schichten	Grödener Sandstein Transgressionslücke
Oberkarbon	Gshelstufe, oberer Fusulinenkalk mit Chonetes uralica und Spirifer supramosquensis bei Moskau, unterer Produktuskalk des indischen Salzgebirges		Ottweiler Schichten: Radowenzer Sch., Schwadowitzer Sch. IV. Flora	Fusulinenkalk im Wechsel mit Landpflanzen führenden Schichten Karnische Alpen
			Saarbrückener-Schatzlarer Schichten III. Flora	Marine Einschaltungen in paralischen Becken
	Unterer Fusulinen-, Krinoiden- und Korallenkalk mit Spirifer mosquensis, Moskauer Stufe		Waldenburg-Ostrauer Schichten, Millstone grit, flözleerer Sandstein II. Flora	Intrakarbonische Faltungsperiode
Unterkarbon	Kohlenkalk von Visé mit Productus giganteus in Belgien, am Ural, bei Moskau ꝛc. Stufe von Tournai mit Spirifer tornacensis, Kalk mit Productus mesolabus im Ural, Marbre griotte in Asturien ꝛc.	Kulm mit Posidonomya Becheri	Calciferous sandstone in Schottland Kohlenführende Schichten des Ural Kohle in Zentral-Rußland I. Flora Eingeschwemmte Landpflanzen des Kulm	

Auch das Unterkarbon ist vorwiegend marin entwickelt, es ist der Kohlenkalk mit Productus giganteus wie im Westen ausgebildet, darunter aber liegen Kohlenflöze und Sandsteine mit Pflanzenresten. Im Ural erscheint unter den kohleführenden Schichten abermals eine marine Kalkschicht mit Productus mesolabus, während im Donezbecken kalkige Meeresablagerungen mehrfach mit flözführenden Binnenbildungen abwechseln.

Ein ähnlicher Wechsel mariner und nichtmariner Schichten ist aber auch in anderen Gebieten nicht ungewöhnlich. Die Schichten von Leña in Asturien bilden eine derartige Wechsellagerung, die der Ostrau-Waldenburger Stufe mit der zweiten Flora und der Moskauer Stufe mit Spirifer mosquensis entspricht. In den Karnischen Alpen ist das Oberkarbon eine wesentlich marine Bildung mit zahlreichen Versteinerungen des oberen Fusulinenkalkes, enthält aber in einzelnen Schiefer- und Sandsteinbänken Landpflanzen. Dieses Ineinandergreifen der marinen und terrestrischen Ausbildung ist für die Stratigraphie der Kohlenformation von hohem Wert; denn nur durch die genaue Verfolgung dieses Verhältnisses ist es gelungen, eine ziemlich genaue Gleichstellung der so verschiedenartigen und bei getrennter räumlicher Ausbildung ohne jeden

Digitized by Google

Vergleichspunkt dastehenden Schichtgruppen des Karbons vorzunehmen. Die umstehende, hauptsächlich nach F. Frech zusammengestellte Vergleichstabelle, die sich auch auf die später zu besprechenden Permbildungen erstreckt, bringt das Verhältnis der Floren und Faunen nach dem jetzigen Stande des Wissens zum Ausdruck; sie zeigt zugleich, daß die Entwickelung der Floren und Faunen nicht gleichen Schritt gehalten hat, eine Thatsache, die auch bei anderen Formationen wiederkehrt und leicht zu erklären ist, weil Meerestiere und Landpflanzen von grundverschiedenen und voneinander gänzlich unabhängigen Verhältnissen beeinflußt werden.

Die Fusulinenkalke mit ihrer von der unterkarbonischen sehr wesentlich abweichenden Fauna gewinnen namentlich im Mediterrangebiet der Alten Welt, in der Gebirgszone von Asturien im Westen bis nach Indien im Osten, eine ausgedehnte Verbreitung; ja, sie greifen sogar über in den Ural und Timan, sie sind ferner in Japan, Korea und China bekannt. Ihr Auftreten bezeichnet in manchen Gegenden eine lokale Transgression: im Timangebiet liegen diese Kalke unmittelbar auf dem Devon, und auch im östlichen Mittelmeergebiet und in Indien sind Fusulinenkalke an vielen Stellen vorhanden, wo ältere Karbonablagerungen fehlen. In den Alpen zeigt das Oberkarbon in den nördlichen, zentralen und westlichen Ketten eine Anlehnung an den mitteleuropäischen Typus, nur sind die Schichten meist metamorphosiert, die Schiefer sind in Phyllite, die Kohlenflöze in Anthracit oder selbst in Graphit umgewandelt (vgl. Band I, S. 662), in den Südalpen herrscht der mediterrane Fusulinenkalk. Das Unterkarbon ist sowohl aus den Nord- als aus den Südalpen in mariner Form bekannt.

Unter allen Ländern, deren Entwickelung mit der europäischen übereinstimmt, zeigt Nordamerika weitaus die großartigste Entfaltung der Kohlenformation. Ungeheure Flächen nimmt diese hier ein, gewaltig ist die Menge der Versteinerungen, und vor allem ist der Vorrat an fossilem Brennstoff, mit dem namentlich die atlantische Region ausgestattet ist, überaus groß. Auch hier finden wir die ältere Abteilung meist durch Kohlenkalk vertreten, der in ungeheurer Verbreitung namentlich in den mittleren und westlichen Staaten der Union auftritt, während im Osten, in der appalachischen Region, statt dessen vorwiegend mächtige Ablagerungen von Sandstein und Schiefer mit Landpflanzen und stellenweise mit Kohlenflözen vorkommen; doch fehlen auch hier Kalkeinlagerungen nicht. Außerordentlich reich ist die marine Ausbildung namentlich in der mittleren Region der Vereinigten Staaten, in Illinois, Kentucky, Jowa und Missouri; zahlreiche Horizonte werden hier unterschieden, und die Fauna entwickelt eine Pracht und Mannigfaltigkeit, die selbst die der berühmtesten belgischen, englischen und irischen Fundstellen übertrifft. Durch ihre merkwürdigen Formen und ihre wundervolle Erhaltung treten die Echinodermen hervor: See-Igel, Blastoideen; namentlich aber kommen die herrlichen Krinoidenreste in der Keokukgruppe und in der Burlingtongruppe in einer Menge und Schönheit vor wie wohl nirgends auf der Erde. Auch im Westen zeigt der Kohlenkalk eine ganz außerordentliche Mächtigkeit und Verbreitung, und der berühmte „große Cañon" des Colorado liegt zum größten Teil in diesem Gestein eingeschnitten; die beigeheftete Tafel „Kohlenkalkablagerungen in der Kanab-Wüste, Arizona (Nordamerika)" zeigt das aus Kohlenkalk gebildete Gehänge der gewaltigen Schlucht und einen Teil der Oberfläche der benachbarten Kanab-Wüste.

Auch im oberen Teil der Kohlenformation sehen wir wie in Europa zwei kontrastierende Entwickelungsarten; im Osten der Vereinigten Staaten und in einem großen Teil der Mittelregion, ferner in Neubraunschweig und Neuschottland tritt produktives Gebirge mit Flözen, mit Resten von Landpflanzen, von Landschnecken, von Tausendfüßern, Skorpionen, Spinnentieren, Insekten und Amphibien auf, und diese Gegenden beherbergen die großen Kohlenschätze der Neuen Welt, während im Westen die Fusulinenkalke herrschen.

Digitized by Google

KOHLENKALKABLAGERUNGEN IN DER KANAB-WÜSTE, ARIZONA (Nordamerika).

Digitized by Google

Vergleichspunkt dastehenden Schichtgruppen des Karbons vorzunehmen. Die umstehende, hauptsächlich nach F. Frech zusammengestellte Vergleichstabelle, die sich auch auf die später zu besprechenden Permbildungen erstreckt, bringt das Verhältnis der Floren und Faunen nach dem jetzigen Stande des Wissens zum Ausdruck; sie zeigt zugleich, daß die Entwickelung der Floren und Faunen nicht gleichen Schritt gehalten hat, eine Thatsache, die auch bei anderen Formationen wiederkehrt und leicht zu erklären ist, weil Meerestiere und Landpflanzen von grundverschiedenen und voneinander gänzlich unabhängigen Verhältnissen beeinflußt werden.

Die Fusulinenkalke mit ihren von der unterkarbonischen sehr wesentlich abweichenden Fauna gewinnen namentlich im Mittelmeergebiet der Alten Welt, in der Gebirgszone von Asturien im Westen bis nach Indien im Osten, eine ausgedehnte Verbreitung; ja, sie greifen sogar über in den Ural und Timan, ja sind [illegible] Korea und China bekannt. Ihr Auftreten bezeichnet in manchen Gebieten [illegible] Transgression: im Timangebiet liegen diese Kalke unmittelbar auf dem [illegible] des mittelmeerischen Mittelmeergebiet und in Indien sind Fusulinenkalke an vielen Stellen [illegible] Karbonablagerungen fehlen. In den Alpen zeigt das Oberkarbon in den [illegible] und westlichen Ketten eine Anlehnung an den mitteleuropäischen Typus; [illegible] meist metamorphosiert, die Schiefer sind in Phyllite, die Kohlenflöze [illegible] in Graphit umgewandelt (vgl. Band I, S. 662), in den Südalpen [illegible] Fusulinenkalk. Das Unterkarbon ist sowohl aus den Nord- als aus den Südalpen in typischer Form bekannt.

Unter allen Ländern, deren Entwickelung mit der europäischen übereinstimmt, zeigt Nordamerika weitaus die großartigste Entfaltung der Kohlenformation. Ungeheure Flächen nimmt diese hier ein, gewaltig ist die Menge der Versteinerungen, und vor allem ist der Vorrat an fossilem Brennstoff, mit dem namentlich die atlantische Region ausgestattet ist, überaus groß. Auch hier finden wir die ältere Abteilung meist durch Kohlenkalk vertreten, der in ungeheurer Verbreitung namentlich in den mittleren und westlichen Staaten der Union auftritt, während im Osten, in der appalachischen Region, statt dessen vorwiegend mächtige Ablagerungen von Sandstein und Schiefer mit Landpflanzen und stellenweise mit Kohlenflözen vorkommen; doch fehlen auch hier Kalkeinlagerungen nicht. Außerordentlich reich ist die marine Ausbildung namentlich in der mittleren Region der Vereinigten Staaten, in Illinois, Kentucky, Iowa und Missouri; zahlreiche Horizonte werden hier unterschieden, und die Fauna entwickelt eine Pracht und Mannigfaltigkeit, die selbst die der berühmtesten belgischen, englischen und irischen Fundstellen übertrifft. Durch ihre merkwürdigen Formen und ihre wundervolle Erhaltung treten die Echinodermen hervor: See-Igel, Blastoideen, namentlich aber kommen die herrlichen Krinoidenreste in der Keokukgruppe und in der Burlingtongruppe in einer Menge und Schönheit vor wie wohl nirgends auf der Erde. Auch im Westen zeigt der Kohlenkalk eine ganz außerordentliche Mächtigkeit und Verbreitung. [illegible] der berühmte „große Cañon" des Colorado liegt zum größten Teil in diesem Gestein [illegible], die beigeheftete Tafel „Kohlenkalkablagerungen in der Kanab-Wüste, Arizona [illegible]" zeigt das aus Kohlenkalk gebildete Gehänge der gewaltigen Schlucht und einen Teil der Oberfläche der benachbarten Kanab-Wüste.

Auch im oberen Teil der Kohlenformation sehen wir wie in Europa zwei kontrastierende Entwickelungsarten; im Osten der Vereinigten Staaten und in einem großen Teil der Mittelregion, ferner in Neubraunschweig und Neuschottland tritt produktives Gebirge mit Flözen, mit Resten von Landpflanzen, von Landschnecken, von Tausendfüßern, Skorpionen, Spinnentieren, Insekten und Amphibien auf, und diese Gegenden beherbergen die großen Kohlenschätze der Neuen Welt, während im Westen die Fusulinenkalke herrschen.

Digitized by Google

KOHLENKALKABLAGERUNGEN IN DER KANAB-WÜSTE, ARIZONA (Nordamerika).

(Nach U. S. A. Geological Survey.)

Digitized by Google

Digitized by Google

Zum Schluß wollen wir noch ganz kurz der Karbonvorkommnisse im hohen Norden gedenken. Marinen Kohlenkalk und pflanzenführende Schichten fand man auf Spitzbergen, Nowaja Semlja und der Bäreninsel. Die Flora des Robertsthales auf Spitzbergen gehört dem Kulm an, während die der Bäreninsel einen noch etwas älteren Typus zeigt und den Übergang zur Devonflora andeutet. Die hohe Wichtigkeit dieser hochnordischen Floren für die Frage des Klimas der Steinkohlenperiode haben wir schon im vorhergehenden Kapitel besprochen.

Das Gebiet der Glossopteris-Flora.

In den bisher besprochenen Gegenden läßt sich trotz der Mannigfaltigkeit der Faciesentwickelung eine weitgehende Übereinstimmung im Typus der karbonischen Ablagerungen nicht verkennen. Im Gegensatz dazu finden wir ein zweites Gebiet, das in vielen wichtigen Punkten abweicht und hauptsächlich die Länder um den Indischen Ozean: Südafrika, Deutsch-Ostafrika, Afghanistan, Vorderindien, das südliche Australien und Tasmanien umfaßt. Ferner gehört Südamerika diesem Typus an, und auch in China sind wenigstens Annäherungen gegeben.

Wir werden die merkwürdigen Verhältnisse dieses südlichen Entwickelungsgebietes der Kohlenformation am leichtesten verstehen, wenn wir zuerst Australien ins Auge fassen. Das tiefste Niveau in der Kohlenformation nehmen hier gelbe Sandsteine mit Lepidodendron, Sigillaria, Calamites ein, Formen, die sich an die europäischen anschließen und eine ungefähre Gleichstellung der gelben Sandsteine mit den Kulmbildungen Europas erlauben; manche betrachten diese Schichten sogar als devonisch. Darüber folgen nun Ablagerungen, in denen marine Bänke mit pflanzen- und kohlenführenden Schichten in einer Weise wechseln, daß an der gleichzeitigen Existenz der Marinfauna mit der entsprechenden Landvegetation unmöglich gezweifelt werden kann. Die Meerestiere haben einen unzweifelhaft karbonischen Charakter: die Pflanzenreste, die von diesen marinen Vorkommnissen über- und unterlagert werden, zeigen dagegen vollständig verschiedenen Typus; keine der charakteristischen Gattungen der Kohlenformation ist zu finden: keine Sigillarie, kein Lepidodendron, kein Calamit, keine Spur von Asterophylliten, Annularien ꝛc. Farne, Schachtelhalme und Nadelhölzer, die letzten allerdings noch in geringer Zahl, setzen die Flora zusammen, und die einzelnen Gattungen nähern sich weit mehr solchen Typen, die sonst im unteren Teil der mesozoischen Bildungen, als solchen, die im Karbon vorkommen. Das gilt von dem verbreitetsten und wichtigsten Typus, den Farngattungen Glossopteris und Gangamopteris, die auch in Indien und Südafrika wiederkehren, das gilt von den Schachtelhalmgattungen Phyllotheca und Schizoneura und von verschiedenen anderen.

Über jenem Wechsel von marinen und pflanzenführenden Bänken, den Mureeschichten, folgt in Australien eine reine Binnenablagerung, die Newcastleschichten, die dieselbe Flora, die schon in dem tieferen Horizont enthalten war, in reicherer Entwickelung zeigt. Nach einer Unterbrechung der Schichtfolge erscheinen nach oben die Hawksbury-Schichten mit Labyrinthodonten und Fisch- und Pflanzenresten, und endlich die Wianamatta-Schichten mit Palaeoniscus, einer Ganoidengattung, die in Europa in permischen Ablagerungen vorkommt. So erhalten wir auch dadurch eine neue Bestätigung der Anschauung, daß die ältesten, Glossopteris führenden Ablagerungen der Kohlenformation angehören.

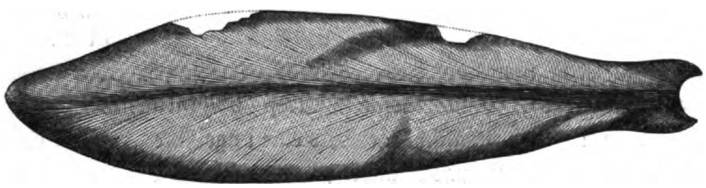
Wir können demnach sagen, daß sich in Australien zu einer Zeit, als in Europa und Nordamerika noch die Lepidodendren- und Sigillarienflora existierte, eine neue Pflanzenwelt entwickelte ähnlich der, die in unseren Gegenden weit später, in der Triasformation, zur Herrschaft gelangte. Schon diese Thatsache an sich ist von außerordentlicher Bedeutung; sie

Digitized by Google

gewinnt noch ungemein an Wichtigkeit, wenn wir die näheren Umstände ins Auge fassen, unter denen diese Vegetation auftritt.

Die Schieferthone der pflanzenführenden Mureeschichten enthalten große kantige Blöcke von Quarzit und kristallinischen Felsarten, die häufig nach Art der Gletscherblöcke geglättet und geschrammt sind. In denselben Thonen liegen Muscheln, deren beide Schalen noch miteinander vereinigt sind, und zarte Bryozoenstämmchen, die durch die Art ihrer Erhaltung beweisen, daß sie nicht durch Strömungen herbeigetragen wurden, sondern an Ort und Stelle gewachsen und in den Thon eingehüllt worden sind. Auch die Blöcke konnten nicht durch Strömungen eingeschwemmt worden sein, sondern die ganze Art ihres Vorkommens und ihre Schrammung weisen auf Eiswirkung hin. Große Eisberge, so wird angenommen, brachten gekritzte Blöcke mit und ließen sie beim Abschmelzen in jene thonig-sandigen Ablagerungen fallen.

Dieselbe Erscheinung, das Auftreten einer an Glossopteris reichen Flora in Begleitung von Schichten mit geschrammten Blöcken, kehrt nun in anderen Ländern wieder. In Indien bilden diese Schichten einen Teil des Gondwanasystems, einer ungefähr 6000 m mächtigen kohlenführenden Binnenbildung, die von Versteinerungen nur Landpflanzen und Wirbeltiere enthält. Das Gondwanasystem umfaßt mit seinen zwei Abteilungen einen ungeheuern Zeitraum, die obere Abteilung enthält an ihrer oberen Grenze untergeordnete marine Ablagerungen der obersten Juraformation, während die untere unmittelbar auf kristallinischen oder halbkristallinischen Schiefern aufruht. Ablagerungen mit einer typischen Karbonflora von Lepidodendren 2c., wie sie in Australien als tiefstes Glied vorhanden sind, fehlen in Indien; die Binnenbildungen beginnen mit der unteren Gondwanastufe, die selbst wieder in drei Gruppen gegliedert wird. Für die unterste, die Talchirstufe, ist Gangamopteris cyclopteroides (s. obige Abb.) bezeichnend, für die mittlere, die Damudastufe, die nahestehende Glossopteris indica (s. Abb., S. 159). Alle diese Ablagerungen zeigen in ihrem Floxencharakter auffallende Übereinstimmung mit den australischen Vorkommnissen, namentlich in den Gattungen Glossopteris, Phyllotheca, Schizoneura und Vertebraria.



Gangamopteris cyclopteroides, aus den Talchirschichten, verkleinert. (Nach O. Feistmantel.)

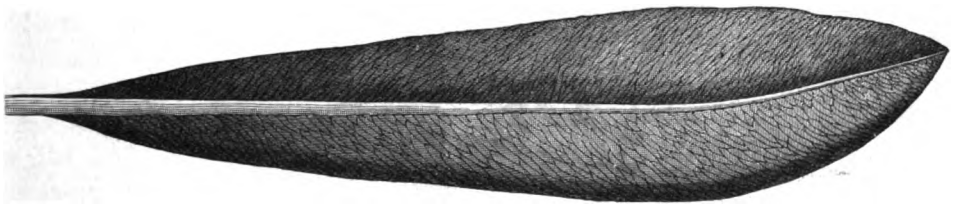
Großes Interesse nehmen vor allem die an der Basis der Gondwanastufe liegenden Talchirschichten in Anspruch; sie bestehen der Hauptsache nach aus zarten Thonen und feinkörnigen Sandsteinen, die weniger durch deutliche Schichtung als durch eckige Zerklüftung ausgezeichnet sind. In dieser zarten Grundmasse liegen nun bald vereinzelt, bald in Menge beisammen, dann aber ohne die geringste Regelmäßigkeit und ohne deutliche Anordnung nach Schichten, Blöcke und Geschiebe verschiedenartiger fremder Gesteine (s. Abbildung, S. 160). Sie wechseln von Faustgröße bis zu einem Durchmesser von mehr als 4 m und zu einem Gewicht von 30 Tonnen; die gewöhnliche Größe ist 15—90 cm Durchmesser. Sie sind meist gerundet, oft an ihrer Oberfläche geschrammt und gekritzt wie Glazialgeschiebe und rühren größtenteils von Gesteinen her, die im Umkreis der heutigen Fundpunkte nirgends vorkommen. Wenn die geologisch ältere Unterlage der Talchirschichten abgedeckt wird, findet man sie, ganz so wie den felsigen Untergrund heutiger Gletscher, mit parallelen Schrammen versehen.

Wenn wir uns nun fragen, auf welche Weise derartig große Ablagerungen entstanden sein können, so ist es sofort klar, daß die Thätigkeit des Wassers allein hierzu in keiner Weise

Digitized by Google

ausreicht. Das Wasser bringt immer eine Sichtung des Materials nach der Größe zu stande; es kann niemals gewaltige Blöcke mitten in einem feinen Thon- oder Sandsediment ablagern; höchstens könnte etwas Derartiges da vorkommen, wo von einem Steilgehänge Blöcke unmittelbar in einen See stürzen. Natürlich ist dies bei einer über Hunderte von Quadratmeilen ausgebreiteten Bildung ausgeschlossen, ebensogut wie die Wirkung von Schlammströmen (vgl. Band I, S. 465). Unter Verhältnissen, wie sie in den Talchirschichten und namentlich an deren Basis vorkommen, kennen wir nur ein einziges Transportmittel, das eine derartige Anordnung hervorgebracht haben könnte, das Eis.

Über das geologische Alter der Talchirs, Damudas und der obersten Stufe, der Panchets, war man lange Zeit hindurch im Zweifel. W. T. Blanford erklärte sie für permisch, andere für jurassisch. Natürlich ist die Frage des geologischen Alters namentlich jener Schichten, die zum erstenmal die Glossopteris-Flora enthalten und geschrammte Blöcke führen, für die Erklärung dieser Erscheinungen von der größten Bedeutung. In dieser Beziehung wurde ein sicherer Boden erst durch W. Waagens Untersuchungen im Salzgebirge am oberen Indus gewonnen. Dort treten als Unterlage eines marinen Schichtsystems, der Productus-Kalke, blockführende Ablagerungen



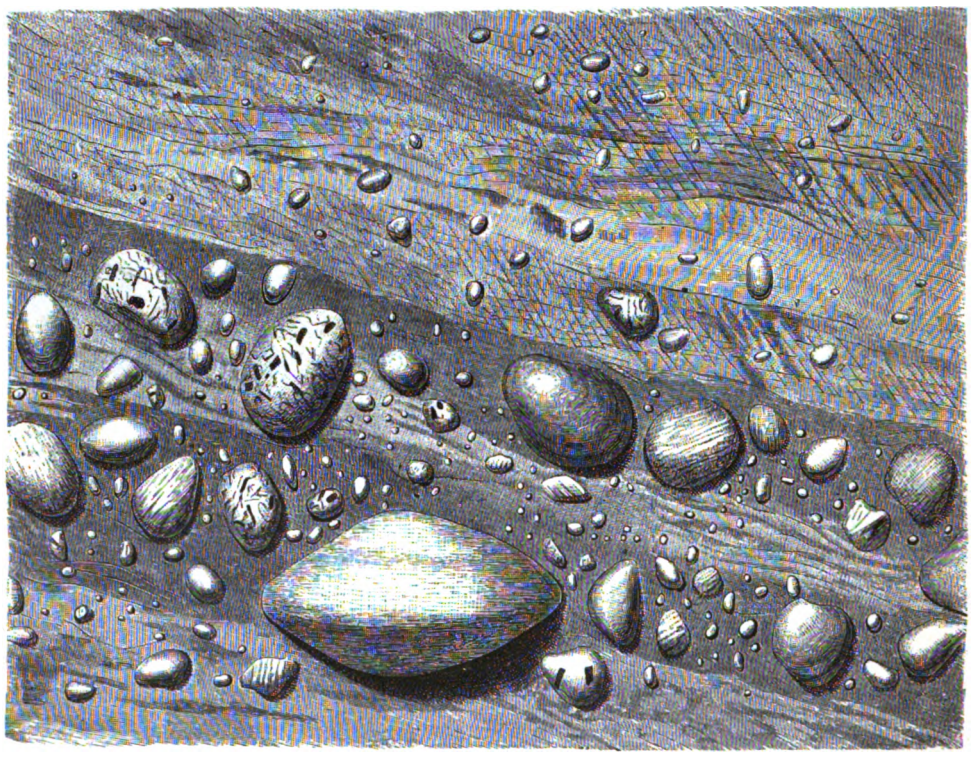
Glossopteris indica, aus den Damuda-Schichten Indiens. Verkleinert. (Nach O. Feistmantel.) Vgl. Text, S. 158.

auf, die ähnlich wie die Talchirs nur unter Mitwirkung des Eises entstanden sein konnten. In den Schichten unmittelbar über den Blöcken fanden sich Versteinerungen von paläozoischem Gepräge, darunter auch zwei Arten der Molluskengattung Conularia (Conularia laevigata und tenuistriata, s. Abbildung, S. 161) und einige andere Formen, die ursprünglich aus den blockreichen Mureeschichten Australiens beschrieben worden waren. Waren durch die allseits zugestandene Übereinstimmung der Flora der Talchirs und der Mureeschichten diese beiden Bildungen in Beziehung gebracht, so trat nun als weiteres Glied die Blockablagerung an der Basis der marinen Productus-Kalke hinzu. Die mittlere Abteilung dieser versteinerungsreichen Ablagerungen muß auf Grund gewisser Forschungen im Ural, die wir noch im folgenden Kapitel erwähnen werden, der Unterstufe der Permformation gleichgestellt werden; dadurch werden die unteren Productus-Kalke des Salzgebirges in das Oberkarbon gerückt und noch mehr natürlich die darunterliegenden Sandsteine (Speckled sandstone) und Blockschichten. So müssen wir die Talchirs ebenso wie die Mureeschichten Australiens und die Blockschichten des Salzgebirges als gleichalterig und oberkarbonisch bezeichnen.

Die geographische Verbreitung dieser überaus merkwürdigen Blockschichten der Kohlenformation ist damit noch nicht erschöpft. Zunächst setzen sie aus dem Salzgebirge nach Westen über den Indus und nach Afghanistan. Allein noch in einer entfernteren Region treffen wir auf durchaus übereinstimmende Verhältnisse: im südlichen Afrika, in der Kapkolonie und noch weithin in den nordwärts anstoßenden Gebieten sehen wir eine Entwickelung, die auffallend an die eben besprochenen Vorkommnisse erinnert. Hier treten alte Gneise, über diesen marine Devonablagerungen und darüber Schichten des unteren Teiles der Kohlenformation mit Sigillarien, Lepidodendren ꝛc. auf, die wir mit den tiefsten Karbonschichten Australiens vergleichen können;

Digitized by Google

dann folgt in ungleichmäßiger Lagerung über den verschiedenen älteren Gebilden die Karrooformation, die wohl dem oberen Teile der Kohlenformation, dem Perm und der Trias des europäischen Schemas, entspricht. Ebenso wie die Gondwanaschichten Indiens, beginnen auch die Karroobildungen Afrikas mit einer blockführenden Ablagerung, den Dwykakonglomeraten und Eccaschichten, mit spärlichen Resten einer Flora, wie sie die unteren Gondwanaschichten aufweisen. Die Basis der Dwykakonglomerate ist zuweilen geglättet und geschrammt, ähnlich wie die Unterlage der Talchirs in Indien; noch deutlicher ist diese Erscheinung bei dem geradezu als Grundmoräne angesprochenen Vaalkonglomerat, das dem Dwykakonglomerat dem Alter nach



Blockführende Ablagerungen der Talchirschichten aus dem nordöstlichen Teil der Indischen Halbinsel, mit Blöcken von Turmalingranit, Gneis, Hornblendeschiefer und Quarzit. (Nach Griesbach.) Vgl. Text, S. 158.

gleichgestellt wird. Über dieser Bildung folgen wahrscheinlich als Vertreter der obersten Horizonte der Karbonformation und des Perm die Koonap- und die Beaufortschichten, während die oberste Abteilung der Karrooformation, die Strombergschichten, der Trias zu entsprechen scheint. Doch sind die Verhältnisse dieser höheren Horizonte noch nicht hinreichend festgestellt, und namentlich die große Menge der Reptile in den Beaufortschichten verhindert die vollständige Einverleibung in die paläozoische Periode.

Wie dem auch sei, jedenfalls scheint die eine Thatsache sicher, daß in Australien, Indien, Afghanistan und Südafrika gleichzeitig mit der Flora der produktiven Steinkohlenformation Europas eine von der gleichzeitigen europäischen vollständig abweichende Vegetation auftritt, die in unseren Gegenden ihre nächsten Verwandten in der Pflanzenwelt der Trias findet. Diese neue Pflanzengesellschaft, namentlich durch die Gattung Glossopteris bezeichnet, kommt in Australien, in Indien, in Afghanistan wie in Südafrika überall zuerst in Schichten vor, die durch

Digitized by Google

große, geschrammte Blöcke in zarten Thon- und Sandgesteinen als unter der Einwirkung von Eis gebildet charakterisiert sind. Ihr Areal erstreckt sich über mehr als 60 Breitengrade und etwa 130 Längengrade, ein Gebiet, das hinter keinem unserer heutigen Erdteile an Umfang zurücksteht. Ja, es scheint sogar die ganze südliche Hemisphäre zum Bereich der Glossopteris-Flora gehört zu haben; denn auch in Südamerika tritt diese in Begleitung von mächtigen Gerölllagern auf. Unzweifelhaft bestanden damals gewaltige Südkontinente mit riesigen Landseen, und auf diesen erhoben sich aller Wahrscheinlichkeit nach vereiste Gebirge, von denen teils steinbeladene Eisschollen auf großen Strömen abwärts gedriftet wurden, teils große Gletscher mit Grundmoränen bis an die Binnenseen oder an die Meeresküste herabstiegen.

Der größte Teil dieser Festlandsmassen ist jetzt verschwunden, und wir können uns daher kaum annähernde Vorstellungen von dem Zustande der Südhemisphäre in jenen weit entlegenen Zeiten machen. Bestimmt bildeten damals Australien, Indien, Süd- und Mittelafrika eine zusammenhängende Kontinentalmasse, das Gondwanaland (vgl. Band I, S. 416); und bei Besprechung der jüngeren Formationen werden wir Beweise dafür finden, daß mindestens ein indomadagassisches Festland bis in die Tertiärzeit hinein bestanden haben muß. Im Gondwanaland breitete sich die Glossopteris-Flora allseits aus und entwickelte sich eigentümlich durch lange Zeiträume hindurch, begleitet von einer merkwürdigen Landfauna von Amphibien und Reptilen, die in Afrika wie in Indien vorkommt, und deren Spuren sich nun auch in Südamerika zeigen. Am frühesten wurde jedenfalls Australien isoliert, dort umfassen die Binnenablagerungen einen viel geringeren Teil der alten Formationen; und nördlich von Australien ist auf den Sundainseln Timor und Rotti schon die Permformation durch marine Bildungen vertreten.

Conularia laevigata, aus den die Geschiebeablagerungen bedeckenden Schichten des indischen Salzgebirges. (Nach Waagen.) Vgl. Text, S. 159.

Überall auf den Trümmern jenes alten Kontinents sehen wir das erste Erscheinen der Glossopteris-Flora durch Spuren von Eiswirkung begleitet, und zugleich verschwindet die typische Kohlenflora mit ihren Lepidodendren und Sigillarien; wir dürfen daraus wohl mit Sicherheit schließen, daß jene Pflanzengesellschaft verhältnismäßig kälterem Klima angepaßt war und die Abnahme der Temperatur die ältere Karbonflora aus diesen Regionen vertrieb. Diese erhält sich in anderen Gegenden, in Europa, in Nordamerika, vielleicht selbst in nordpolaren Regionen noch immer, und wir kommen dadurch zu dem seltsamen Resultat, daß diese Gebiete damals ein wärmeres Klima hatten als Indien, das südliche Afrika und das südliche Australien. Erst später verschwinden die Sigillarien, die Lepidodendren und ihre Genossen auch aus den nördlichen Regionen. Auf welchem Wege die Glossopteris-Flora den Norden erobert und wie sie sich allmählich in die mesozoische Flora der Nordhemisphäre umgewandelt hat, darüber sind wir gegenwärtig noch im unklaren; als eine Etappe auf diesem Zuge dürfte wohl das freilich noch bestrittene Vorkommen von Glossopteris und anderen indischen Pflanzentypen in der Permformation der Seealpen und Toscanas zu betrachten sein.

Die früher so verbreitete Vorstellung von einer allgemeinen, bedeutenden und gleichmäßig fortschreitenden Erniedrigung der Erdtemperatur ist, wie wir gesehen haben, gänzlich unhaltbar, und deshalb kann die Voraussetzung einer oberkarbonen Eiszeit, die später wieder von wärmerem Klima abgelöst wurde, an und für sich ebensowenig Bedenken erregen wie die diluviale Eiszeit. Aber konnten wir selbst für diese der Gegenwart so naheliegende Erscheinung noch keine befriedigende Erklärung auffinden, so gilt dies in noch höherem Grade für die oberkarbone Eisperiode. Die diluviale Kältezeit, deren Einfluß auf die Gestaltung der Erdoberfläche, die Bewegungen der Erdkruste, die Entwickelung der Tier- und Pflanzenwelt wir genau verfolgen

Digitized by Google

können, vermittelt uns eine Vorstellung von der tief einschneidenden Bedeutung derartiger klimatischer Änderungen für die gesamte Erdgeschichte. Gerade dieser Umstand nötigt uns aber auch bei der Annahme der oberkarbonen Eiszeit zu größter Vorsicht.

Wir schließen damit die Betrachtung der Kohlenformation ab; auf das Vorkommen der Kohle selbst, auf die Beschaffenheit der einzelnen Lagerstätten, auf ihre Gewinnung und technische Bedeutung gehen wir hier nicht ein, da dieser wichtige Gegenstand im letzten Abschnitt dieses Werkes ausführlich behandelt werden wird.

Die permische Formation.

Wir nähern uns dem Ende der paläozoischen Ära. Ihr letzter Abschnitt tritt uns in der permischen Formation oder Dyas entgegen, beides Namen, die unglücklich genug gewählt sind. Jener stammt von dem russischen Gouvernement Perm am Fuße des Urals, wo die Ablagerungen dieses Alters in großer Verbreitung auftreten; doch weder bilden diese den historischen Typus, von dem die Kenntnis dieser Formation ausgegangen ist, noch ist die Entwickelung dort außergewöhnlich reich. Nicht besser verhält es sich mit dem Namen Dyas, der von der in einigen Gegenden Deutschlands und Englands herrschenden Zweiteilung in eine untere sandige und eine obere kalkige Hälfte, Rotliegendes und Zechstein, hergenommen ist. Diese Art der Entwickelung ist rein örtlich, auf ziemlich geringes Gebiet begrenzt, und eine Namengebung danach nur geeignet, falsche Vorstellungen hervorzurufen. Leider haben wir keine bessere Bezeichnung, und da ein schlechter, aber allgemein bekannter Name immerhin noch besser ist als eine Neuschaffung, so wählen wir den Ausdruck Permformation. Den Ausgangspunkt für das Studium dieser Ablagerungen bilden die mitteldeutschen Gebirge. Hier bestehen seit Jahrhunderten die alten Bergbaue, aus denen der erzreiche Kupferschiefer gefördert wird; sie stellten eine der Hauptschulen des Bergwesens in früherer Zeit dar, wo sich die kernige Sprache und Sitte der Bergleute entwickelt hat. Seit Jahrhunderten führen die Sandsteine und Konglomerate unter dem Kupferschiefer den Namen des „roten, toten Liegenden"; der Kalk über dem Schiefer ist der „Zechstein". Die ersten Anfänge der Geologie sind durch die Studien von Füchsel, Lehmann und Werner mit diesen Ablagerungen verknüpft, und sie haben jene ehrwürdigen Namen auch in die Wissenschaft eingeführt.

Wo die permischen Ablagerungen den ursprünglichen Typus zeigen, wird die untere Abteilung durch ein mächtiges, fast bis zu 400 m anschwellendes System von roten Sandsteinen, Thonen und Konglomeraten mit untergeordneten Kalkeinlagerungen gebildet, durchsetzt von zahlreichen Eruptivmassen von Quarzporphyren, Granitporphyren, Melaphyren und ähnlichen Gesteinen vulkanischen Ursprungs. Die Fauna besteht aus wenigen Krustaceen, Insekten, Fischen und Amphibien, zu denen sich Landpflanzen gesellen; wir haben hier wieder eine Entwickelung in Binnengewässern, wie sie uns besonders im alten roten Sandstein der Devonformation, auch im produktiven Kohlengebirge entgegentritt.

Über dem Rotliegenden, das nach Unterschieden in der Gesteinsbeschaffenheit in mehrere Abteilungen gebracht wird, folgt in der Regel ein Kalkkonglomerat, in dem Liebe bei Gera einige Brachiopoden, die ersten dürftigen Vertreter marinen Lebens in dieser Region, gefunden hat; dann folgt das berühmte Mansfelder Kupferschieferflöz, eine schwache, in der Regel nur 6 dm dicke Lage von stark bituminösem Thonschiefer, die wie ein schmales Band den Südrand des Harzes, die Mansfelder Mulde, den Thüringer Wald umgibt und in Hessen und Westfalen wieder auftaucht. Dieselbe Schieferzone finden wir in England in genau übereinstimmender geologischer Lage über dem Rotliegenden und unter dem marinen Kalk der Permformation wieder.

Digitized by Google

Schon diese überraschende Beständigkeit eines an sich so unbedeutenden Schichtgliedes macht es uns interessant; doch zeigt es noch andere Eigentümlichkeiten. So ist die unterste, etwa 10 cm betragende Lage dieses Schiefers im Mansfelder Gebiet, in der Gegend von Saalfeld in Thüringen und Riechelsdorf in Hessen mit verschiedenen Kupfererzen, in geringerem Grade mit Silber und Blei in feinster Verteilung durchsetzt. Trotzdem der Kupfergehalt nur 2—3 Prozent beträgt und die Dicke der erzreichen Lage sehr gering ist, gestattet doch deren große Ausdehnung und Beständigkeit einen lohnenden und in großartigem Maßstab betriebenen Bergbau, der Tausenden von Menschen Arbeit und Lebensunterhalt gewährt.

Für die Praxis ist das genug, die Wissenschaft forscht weiter. Sie will erfahren, woher denn das Kupfererz, dieser in regelmäßigen Sedimenten sonst wenigstens in bedeutender Menge so selten auftretende Gast, stammt. Man hat angenommen, daß vulkanische Exhalationen von Kupfer- und Silberchloriden oder Mineralquellen, die reich an gelösten Kupfersalzen waren, in dem Seebecken aufstiegen, wo sich die Schiefer ablagerten, und daß die zahlreichen Fossilreste von Fischen herstammten, die dadurch vergiftet worden seien. Dann müßte man weiter folgern, daß das ganze Wasser des Sees eine Kupferlösung darstellte, aus der organische Substanzen das Erz reduzierten. Diese Annahme hat auch vorläufig am meisten Wahrscheinlichkeit für sich.

Über dem Kupferschiefer folgt der Zechstein, ein etwas thoniger, dünnschichtiger Kalk, der in der Regel 5 —10 m Mächtigkeit besitzt und nur lokal bis zu 30 m anschwillt; er enthält in bedeutender Menge, aber beschränkter Artenzahl eine Meeresfauna, in der Brachiopoden, Muscheln und Moskorallen oder Bryozoen die Hauptrolle spielen, Formen, die wir später bei Besprechung der Tierwelt der permischen Formation näher kennen lernen werden. Für den Geologen ist das Auftreten der Bryozoen wichtig, da sie an manchen Stellen, wie bei Ruhla und Neustadt an der Orla, in der permischen Zeit ähnliche Küstenriffe bildeten wie heute die Korallen. Die zarten Stöckchen der Bryozoen und deren Zerreibsel lieferten das Material zur Bildung des Riffsteins, und in Menge finden sich die Fossilreste anderer Tiere, die sich unter dem starken Schutze der Riffe angesiedelt hatten.

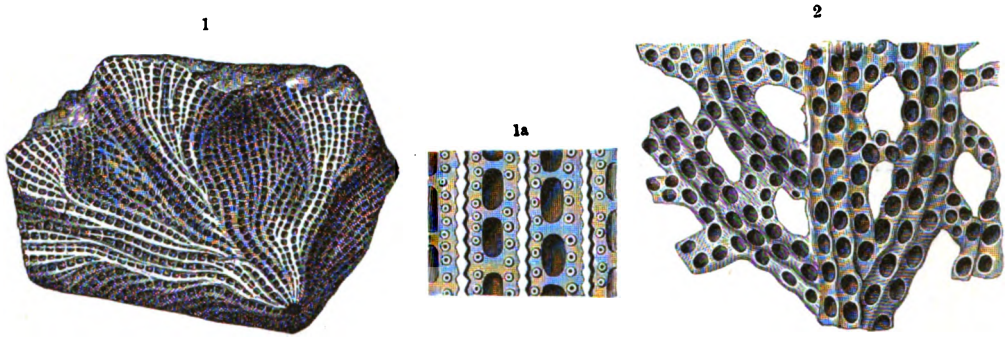
Der eigentliche Zechstein wird von dem Zellendolomit oder der Rauchwacke und der Dolomit-Asche, einem feinsandigen, leicht zerreiblichen Aggregat kleiner Dolomitkriställchen, bedeckt, einer Gesteinsgruppe von wechselnder Mächtigkeit, die ihrerseits von dem obersten Gliede der Permformation, dem Zechsteingips, überlagert wird. In wechselnder Reihenfolge und oft unregelmäßiger Lagerung, mit einer Mächtigkeit, die lokal sehr bedeutend anschwillt, treten Mergel, Dolomite, bituminöse Schiefer und Kalke auf, zu denen sich Gips, Anhydrit und stellenweise, als weitaus wichtigstes Glied, Steinsalz oft in Massen von ungeheurer Mächtigkeit gesellen. Die wichtigsten und größten Salzlager Deutschlands, vielleicht der ganzen Erde, gehören diesem Niveau an; vor allen ist hier Staßfurt bei Magdeburg zu nennen, wo außer dem gewöhnlichen Steinsalz auch wertvolle Kaliverbindungen, die sogenannten Abraumsalze, vorkommen. Wir haben bei einer früheren Gelegenheit (Band I, S. 599) gesehen, daß sich diese Salze bei der Eindampfung eines abgesperrten Meeresteiles als letztes Endprodukt ausscheiden; wenn nun die Zusammensetzung dieser Kalisalze, die bei den meisten Salzlagern wegen ihrer Leichtlöslichkeit wieder zerstört wurden und nur in Ausnahmefällen erhalten blieben, im ganzen und großen dieselbe Zusammensetzung zeigen wie die Eindampfungsrückstände des heutigen Meerwassers, so dürfen wir daraus schließen, daß die Zusammensetzung des Meerwassers seit den ältesten Zeiten ungefähr gleich geblieben ist. Darauf weist auch die ganze Entwickelung der Meeresorganismen in allen Formationen hin.

Die Ausbildung der permischen Formation, wie wir sie hier kennen gelernt haben, hat in Deutschland bedeutende Verbreitung: sie beginnt im Nordwesten in Westfalen, sie hat ihre klassische

Digitized by Google

Entwickelung im Harz, im Mansfeldischen und am Kyffhäuser; weiterhin nimmt sie samt den begleitenden Eruptivgesteinen namhaften Anteil an dem Aufbau des Thüringer Waldes und erstreckt sich bis Altenburg und Gera. Außerdem finden wir sie in Schlesien, bei Löwenberg und Goldberg und am Nordrande des Lausitzer Gebirges bei Görlitz wieder, ferner im Frankenwald bei Kronach und Stockheim.

In anderen Gegenden Deutschlands sind zwar permische Ablagerungen ebenfalls vertreten; aber hier fehlen die marinen Glieder, es ist nur Rotliegendes vorhanden. Man könnte hier ebenso wie in der Kohlenformation paralische und limnische Entwickelung unterscheiden, nur mit dem Unterschied, daß bei der paralischen Ausbildung die marinen Schichten im Karbon die untere, im Perm die obere Hälfte der Formation bilden. Besonderes Interesse erhält diese Parallele dadurch, daß auch wenigstens in den großen Hauptzügen die geographische Verbreitung korrespondiert; sind Kohlenformation und Perm in Deutschland in einer und derselben Region vorhanden,



1) Kolonie von Fenestella retiformis, in natürlicher Größe; 1a) ein Stück derselben, vergrößert; 2) ein Stück von Synocladia virgulacea, vergrößert. (Nach F. Römer.) Vgl. Text, S. 166.

so folgt gewöhnlich über paralisch entwickelten Karbonablagerungen paralisches Perm, dessen obere Hälfte mariner Zechstein bildet, während in den Binnenbecken der Kohlenformation auch dem Perm der Zechstein zu fehlen pflegt. So haben wir Zechstein in Westfalen, am Harz, in Schlesien, wo auch marine Glieder der Kohlenformation auftreten, während im Saargebiet, in Sachsen und Böhmen, wo der Kohlenkalk fehlt, die Permformation nur durch Rotliegendes vertreten ist. Analoge Verhältnisse zeigen sich auch in England.

Eine ausschließliche Binnenentwickelung finden wir zunächst im Saargebiet, das, wie oben bemerkt, einen überaus allmählichen Übergang von der Kohlenformation zu dem darüber befindlichen Rotliegenden zeigt und eine Gliederung in zwei Stufen, die Kuseler und Lebacher Schichten, zuläßt. Hier treten neben grauen Schieferthonen und Sandsteinen schon im Karbon vielfach rote Ablagerungen auf; ebenso im unteren Teile des Rotliegenden, wo jedoch die Kohlenflöze nur in spärlicher Menge und geringerer Mächtigkeit vorkommen. Auch im mittleren Rotliegenden herrscht noch dieselbe Mischung der Farben, bauwürdige, größere Kohlenflöze sind nicht mehr vorhanden; aber erst im oberen Rotliegenden fehlen sie ganz, und die lebhaft rote Farbe der Gesteine wird allgemein.

Weiter im Süden, im Odenwald, im Schwarzwald und in den Vogesen, tritt das Rotliegende für sich allein auf. Nur ganz isoliert, z. B. am Neckar bei Ziegelhausen, gegenüber Heidelberg, in den Vogesen und der Pfalz erscheinen überaus schwache Spuren von Zechstein. In ähnlicher Weise finden wir im erzgebirgischen Becken in Sachsen das Rotliegende, und zwar wahrscheinlich nur die mittlere Stufe allein entwickelt. Ein so inniger Zusammenhang mit dem Kohlengebirge wie bei Saarbrücken ist hier nicht vorhanden: die Konglomerate, Sandsteine und

Digitized by Google

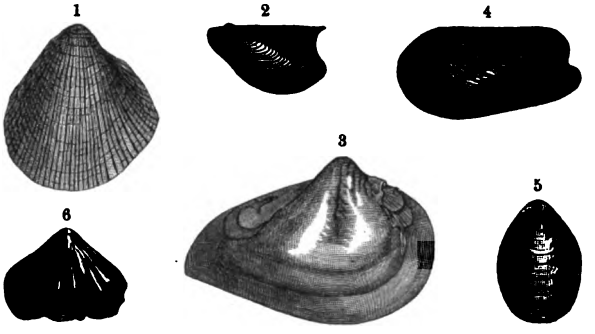
Thone des roten Gebirges heben sich scharf ab; neben den genannten Gesteinen aber treten an einzelnen Stellen permische Kohlenflöze, Schieferthone und Kalkbänke auf, die nur geringe Bedeutung beanspruchen dürfen.

In Böhmen finden wir wieder stellenweise eine überaus innige Verbindung von Karbon- und Permschichten, so daß man sich über die Grenzziehung noch nicht allgemein hat einigen können. Die unteren Teile zeigen in manchen Gegenden graue Schieferthone und Kohlenflöze; auch paläontologisch ist die Entwickelung ganz allmählich, sowohl was die Pflanzen als auch die merkwürdige Amphibienfauna anlangt, die wir schon bei Besprechung der Kohlenformation erwähnt haben. Außerdem aber finden sich die typischen Ablagerungen des Rotliegenden in inniger Verbindung mit gewaltigen Porphyreruptionen in Böhmen und bis nach Mähren hinein.

Strophalosia Goldfussi, aus dem Zechstein Thüringens. Vgl. Text, S. 166.

An die typische deutsche Entwickelung schließt sich die Englands am innigsten an; auch hier haben wir eine Zweiteilung, eine untere sandige und eine obere kalkige Stufe. Jene ist in manchen Gegenden schwer vom Kohlengebirge zu trennen und wird auch in der Regel von diesem nicht streng geschieden; dann aber treten rote Sandsteine und Mergel auf, dem deutschen Rotliegenden entsprechend, es folgt eine dünne Schicht bituminöser Schiefer, ähnlich den Kupferschiefern, und darüber Kalk und Dolomit (Magnesian limestone) mit Zechsteinfossilen. In Mittelengland enthält das untere Perm eine bis zu 130 m mächtige Blockablagerung, die von Ramsay als Anzeichen einer permischen Eiszeit gedeutet wurde.

Ziemlich nahe verwandt sind auch die Ablagerungen im östlichen Rußland, wo sie in den Gouvernements Perm, Orenburg, Kasan und Nishnij Nowgorod riesige Flächen bedecken. Zur Zeit des Oberkarbons vom Meere überzogen, wurde dieses Gebiet vom uralischen Meere durch einen neugebildeten Gebirgszug getrennt, und so entstand in Zentralrußland ein Binnenmeer, das allmählich der Aussüßung entgegenging. Die Tiere des offenen Meeres, die Cephalopoden, verschwanden, dagegen erhielten sich Fische, Brachiopoden, Bryozoen, Zweischaler, Schnecken und andere für den Wechsel der Lebensbedingungen weniger empfindliche Formen; da und dort entstanden durch lokale Konzentration des Salzgehaltes Salzlager, ähnlich wie zur Zeit des alten roten Sandsteins, während im allgemeinen die Aussüßung weitere Fortschritte machte. Zum Schluß bildeten sich rote Thone, Mergel und Sandstein, die tatarische Stufe, die wohl noch in die untere Trias hinaufreichen. Das Vorkommen kupferführender Sandsteine mit Pflanzenresten bildet im russischen Perm ein Seitenstück zu dem Kupferschiefer Deutschlands.



Konchylien aus dem Zechstein Thüringens: 1) Pseudomonotis speluncaria; 2) Gervillia ceratophaga; 3) Schizodus obscurus; 4) Pleurophorus costatus; 5) Terebratula elongata; 6) Camarophoria Schlotheimi. (Nach Geinitz.) Vgl. Text, S. 166.

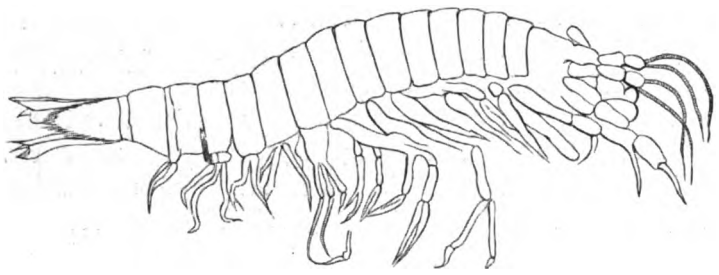
Wenn wir noch erwähnen, daß die Permformation auch in den Nordalpen durch rote Sandsteine, Schiefer und massenhafte Konglomerate vertreten wird, so haben wir damit die Betrachtung der Gegenden beendet, die sich in ihrer Entwickelung mehr oder weniger eng an die in der Regel als Typus betrachtete mitteldeutsche Entwickelung anschließen; ehe wir uns der Schilderung anderer Vorkommnisse zuwenden, müssen wir die Tier- und Pflanzenwelt dieser Ablagerungen

Digitized by Google

etwas näher verfolgen, ohne deren Kenntnis wir die Beziehungen zu den abweichenden Entwickelungsformen nicht verstehen können.

In der Bevölkerung des Meeres tritt uns ein Bild der auffallendsten Ärmlichkeit entgegen. Außerordentlich geringe Artenzahl ist ein erster Charakter der Zechsteinfauna; und überdies sind es fast lauter kleine, dürftige Formen, nur ganz wenige neue oder eigentümliche Gattungstypen. Es ist, wenn auch die Arten nicht dieselben sind, doch der generischen Beziehung nach eine aufs äußerste verarmte Kohlenkalkfauna mit einzelnen Anklängen an jüngere Bildungen.

Foraminiferen sind spärlich vorhanden und enthalten keine für die paläozoische Periode charakteristische Form; Schwämme sind fast gar nicht vertreten, Korallen überaus dürftig, unter den Echinodermen ist eine einzige Art von Krinoiden bekannt, die zu der paläozoischen Gattung Cyathocrinus gerechnet wird, ferner wenige Seeigel, die, soweit ihre Reste eine genaue Bestimmung erlauben, mit einer einzigen zweifelhaften Ausnahme zu paläozoischen Typen gehören. Verhältnismäßig reich sind die Bryozoen, welche sich jenen des Kohlenkalks sehr nahe anschließen und durch die starke Vertretung der Fenestelliden in auffallendem Kontrast zu der mesozoischen Entwickelung stehen (s. Abbildung, S. 164). Die Brachiopoden sind im Vergleich zu den meisten anderen Abteilungen gut vertreten; aber doch ist auch das nur ein schwacher Abglanz der wunderbaren Formenmenge in silurischen, devonischen und karbonischen Ablagerungen. Am wichtigsten sind die Produktiden, und der schöne große Productus horridus mit seinen bisweilen erhaltenen gewaltigen Stacheln bildet das wichtigste Leitfossil des Zechsteins (s. Abbildung, S. 125, Fig. 3), während die mit dicht stehenden, kurzen, struppig-borstigen Stacheln versehene Strophalosia (s. Abbildung, S. 165, oben), ein wahres Bild der Ungekämmtheit, zu den wenigen für Zechstein bezeichnenden Gattungen gehört.



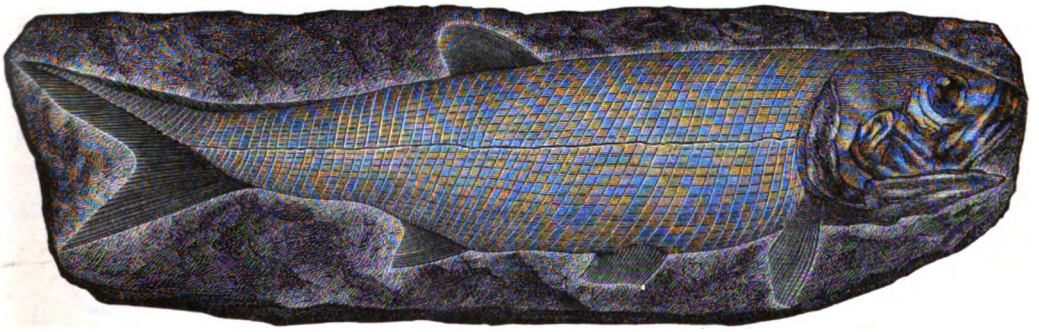
Gampsonychus, vergrößert, aus dem Rotliegenden Böhmens. (Nach A. Fritsch.)

Nicht ganz unbedeutend ist die Zahl der Muscheln und Schnecken, meist ziemlich charakterlose, unansehnliche Formen, bei denen der paläozoische Charakter nicht stark hervortritt, und von denen Schizodus obscurus, Pseudomonotis speluncaria und Gervillia ceratophaga als geologisch wichtig genannt werden (s. Abbildung, S. 165, unten). Die Cephalopoden sind auf drei oder vier Arten von Nautilus und Orthoceras beschränkt. Rechnen wir dazu noch wenige Krebse und Fische, so ist damit die Fauna der besprochenen permischen Marinbildungen erschöpft. Noch auffallender als durch diese kurze Übersicht der Tierwelt geht die überraschende Dürftigkeit daraus hervor, daß die europäische Zechsteinfauna nur wenig mehr als 200 Arten geliefert hat, obwohl die Ablagerungen viel und seit langem durchsucht worden sind.

Verhältnismäßig etwas reicher ist die Bevölkerung der Binnenablagerungen; eine Anzahl von Krustaceen, darunter die merkwürdige Gattung Gampsonychus (s. obenstehende Abbildung), Insekten, unter denen, wie in der Kohlenformation, die Schaben oder Blattinen die Hauptrolle spielen, finden sich an verschiedenen Lokalitäten. Die Fischfauna, bei der eine scharfe Grenze zwischen marinen und limnischen Formen kaum gezogen werden kann, und die der Amphibien sind sogar ziemlich reichlich zu nennen. Sowohl der Kupferschiefer als das Rotliegende haben zahlreiche Ganoiden oder Schmelzschupper, namentlich aus den Gattungen Palaeoniscus

Digitized by Google

(s. untenstehende Abbildung), Amblypterus und Platysomus, geliefert, zu denen sich noch die letzten Vertreter der seltsamen, schon kurz besprochenen Gattung Acanthodes und zahlreiche Haifische gesellen. Neben typischen Vertretern dieser Gruppe kommen Formen, wie Menaspis, im Kupferschiefer vor, die in ihrer äußeren Gestalt an die Rochen erinnern, ohne zu den erst in der Juraformation erscheinenden echten Rochen zu gehören. Die rochenartige Gestalt hat sich vermutlich unter dem Einfluß einer ähnlichen Lebensweise entwickelt; und es ist wahrscheinlich, daß unter denselben Verhältnissen verschiedene Typen von Selachiern rochenähnliche Nebenformen entwickelt haben. Die Amphibien sind durch die früher besprochene Ordnung der Stegocephalen vertreten; die permischen Kalke vom Ölberg bei Braunau in Böhmen, von Niederhäßlich im Plauenschen Grunde bei Dresden, einigen Lokalitäten in Thüringen und Frankreich haben diese interessanten Reste geliefert; namentlich aber ist als einer der merkwürdigsten Fundorte der Thoneisenstein des mittleren Rotliegenden von Lebbach bei Saarbrücken zu nennen. Hier treten Schieferthone auf, die in großer Menge nierenförmige Konkretionen von Thoneisenstein aufweisen, und jede



Palaeoniscus Freieslebeni, aus dem Kupferschiefer. (Nach F. Römer.)

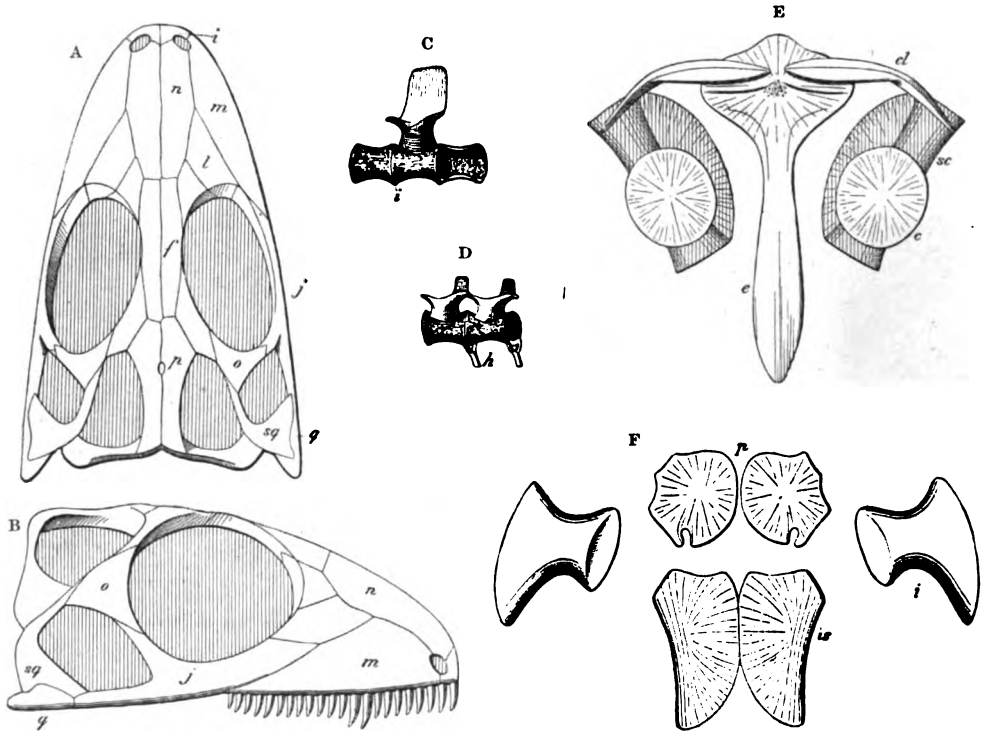
von diesen umschließt eine Versteinerung, die offenbar als Ausscheidungsmittelpunkt für die Geode gedient hat; zerschlägt man diese Knollen, so findet man bald einen Koprolithen, einen fossilen Kotballen, bald einen Pflanzenteil, oft einen Fisch, häufig aber auch Teile des prachtvollen Archegosaurus Decheni, eines in seiner äußeren Erscheinung einem Krokodil ähnelnden Tieres, das bisweilen eine Größe von fast 2 m erreicht zu haben scheint. In außerordentlicher Anzahl hat man Exemplare in allen Wachstumsstadien gefunden, von den kleinsten Tieren mit kurzem, breit dreieckigem Kopfe bis zu den ausgewachsenen Individuen mit langgestrecktem Schädelbau.

Die höchst organisierten Tiere der Permformation bilden Reptile. Lange Zeit war Protorosaurus der einzig sichere Vertreter dieser Klasse; da aber die Reste dieser Gattung ziemlich mangelhaft erhalten waren, wurden sie vielfach mißdeutet. Erst in neuerer Zeit konnte die Bedeutung dieser Typen richtig erkannt werden; im Kalkstein von Niederhäßlich, den wir bereits als ausgezeichnete Fundstätte von Stegocephalen kennen gelernt haben (vgl. S. 134), fanden sich vollständig erhaltene Reste eines Palaeohatteria genannten Reptils; später kamen Bruchstücke einer zweiten Gattung, Kadaliosaurus, hinzu, und aus diesen Funden wurden durch H. Credner sehr wichtige Erkenntnisse abgeleitet. Bei Palaeohatteria (s. Abbildung, S. 168) fällt vor allem die primitive Gestaltung der Wirbelsäule mit ihrem durchlaufenden Chordastrang und amphicoelen Wirbeln mit zwischenliegenden Keilknochen (Intercentra) auf; auch die Extremitätsknochen, deren Gelenkenden unverknöchert blieben, repräsentieren eine niedere Entwickelungsstufe. Sonst erinnert Palaeohatteria an die Stegocephalen, so im Bau des Schultergürtels, der Bezahnung des Pflugscharbeins und der geringen Reduktion der Fußwurzelknochen, so daß wir diese Formen

Digitized by Google

als Embryonal- und Kollektivtypen ansprechen müssen; sie zeigen neben primitiven auch solche Eigentümlichkeiten vereinigt, die sonst auf mehrere Gruppen verteilt sind und bei geologisch jüngeren Reptilen nicht mehr zusammen vorkommen. In der Gegenwart bildet Hatteria, die Brückenechse von Neuseeland, den einzigen Nachkommen dieser uralten Gruppe der Reptile, und es ist sehr merkwürdig, daß sich selbst bei dieser Form, die so viele geologische Perioden überlebt hat, die meisten primitiven Merkmale bis in die Gegenwart erhalten haben.

Die Annäherung an die alten Amphibien und der primitive Bau beweisen, daß Palaeohatteria und mit ihr die übrigen Protorosaurier den alten Urformen der Reptile jedenfalls



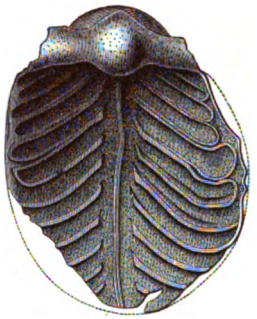
Palaeohatteria longicaudata: A) Schädel von oben, B) derselbe von der Seite: f) intermaxillare (Zwischenkiefer), n) nasale (Nasenbein), m) maxillare (Oberkiefer), l) lacrymale (Thränenbein), j) jugale (Jochbein), sq) squamosum (Schläfenbein), q) quadratum (Quadratbein), f) frontale (Stirnbein), p) parietale (Scheitelbein), o) orbitale (Augenhöhlenbein); C) Rückenwirbel: i) interocentrum; D) Schwanzwirbel: h) unterer Bogen; E) Schultergürtel: cl) clavicula (Schlüsselbein), sc) scapula (Schulterblatt), c) coracoideum (Rabenbein), e) episternum; F) Becken: p) os pubis (Schambein), is) ischium (Sitzbein), i) ileum (Darmbein).
(Nach H. Credner.) Vgl. Text, S. 167.

näher gestanden haben als alle anderen Formen; die ältesten Stammtypen waren sie aber bestimmt nicht, denn im Perm von Nordamerika tritt gleichzeitig eine zweite Gruppe von Reptilen, die Anomodontier, auf, die von Palaeohatteria gänzlich verschieden sind. Also muß die Entfaltung und Verzweigung des Reptilstammes schon in vorpermischer Zeit stattgefunden haben. Diese Anomodontier erreichen in der Trias ihre Blüteperiode; wir werden daher erst bei der Besprechung dieser Formation auf ihren Bau näher eingehen.

Die Flora der Permformation zeigt, namentlich in der unteren Hälfte der Ablagerungen, außerordentlich viel Übereinstimmung mit der der Kohlenformation. Calamiten, Lepidodendren und Sigillarien finden sich auch hier, doch treten sie viel weniger in den Vordergrund als in den Karbonablagerungen, während Farne und Nadelhölzer weit stärker entwickelt sind; namentlich unter den letzten finden sich Typen, wie Walchia und Ullmannia, die sehr charakteristisch für die

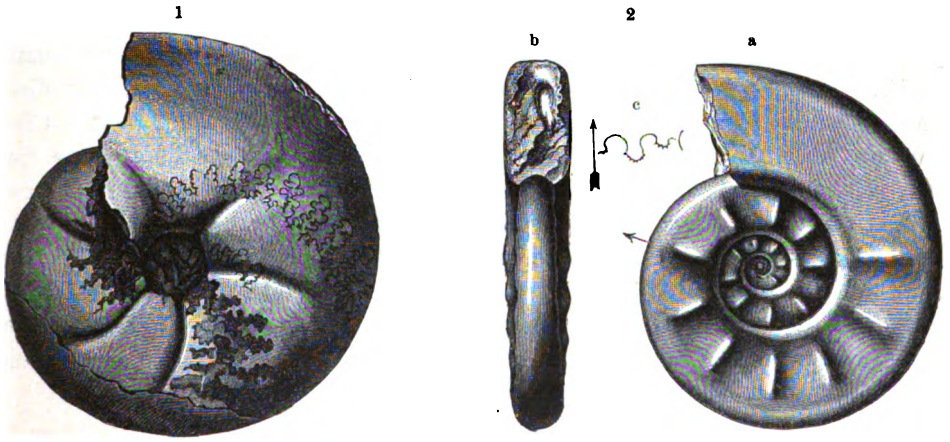
Digitized by Google

Permformation sind. Ullmannia ist namentlich im Kupferschiefer heimisch, der wie die ganze obere Hälfte der Formation in den Pflanzenfossilen von dem typischen Rotliegenden beträchtlich abweicht. Die wichtigen paläozoischen Lepidodendron, Sigillaria, Annularia, Sphenophyllum 2c. sind verschwunden, dafür treten Formen auf, die an solche der mesozoischen Zeit, der Trias, erinnern. Deshalb durfte E. Weiß sagen, der große Wendepunkt zwischen paläozoischer und mesozoischer Flora falle nicht mit der Grenze zwischen paläozoischen und mesozoischen Formationen zusammen, sondern die Pflanzentypen der oberpermischen Ablagerungen zeigten schon vorwiegend den Charakter der neuen Entwickelung. Von Bedeutung ist der Nachweis mehrerer Formen der Gondwanaflora in der Permformation von Toscana; vielleicht werden weitere Funde dieser Art neues Licht auf die Umgestaltung der paläozoischen Flora werfen, die man als eine Folge des allmählichen Umsichgreifens der Gondwanaflora aufzufassen hat.



Oldhamia decipiens. (Nach W. Waagen.) Vgl. Text, S. 170.

Ungefähr in demselben Gebiet, das zur Zeit des Karbon eine reiche Meeresfauna beherbergte, herrschte auch in der permischen Periode offenes Meer. Ein äquatorial gestreckter Ozean reichte von Texas quer über den heutigen Atlantischen Ozean in das Mediterrangebiet und dehnte sich weit nach Indien hinein, überzog aber auch das Uralgebiet bis hoch in den Norden. Während sich nun in der zuerst betrachteten nord- und westeuropäischen Region teils Binnenablagerungen mit Kohlenflözen, teils Kalke und bunte Thone aus halb ausgesüßten Binnenmeeren



1) Cyclolobus Oldhami; 2) Xenodiscus plicatus: a) Ansicht von der Seite, b) von der Mündung, c) Lobenlinie. Aus dem oberen Productus-Kalk. (Nach W. Waagen.)

mit einer verarmten Meeresfauna niederschlugen, entwickelte sich in jenem offenen Ozean ein reiches Tierleben im engen Anschluß an die Fauna der oberkarbonischen Fusulinenkalke, und die große Lücke, die noch vor wenigen Jahren die mesozoische von der paläozoischen Tierwelt zu trennen schien, ist nun beseitigt. Es ist eine allmähliche und ununterbrochene Umgestaltung des Tierlebens aus der paläozoischen in mesozoische Periode zu verfolgen. Hier bildeten sich vor allem die Urformen der Ammoniten (s. obige Abbildung) aus, die sich in der einfachen Gestaltung der Scheidewandlinien noch eng an die Goniatiten anschließen und in mehrere Zweige zerspalten erscheinen, die auf das bestimmteste als die Vorläufer der Triasammoniten zu erkennen sind. Neben diesen in lebhafter und rascher Umformung begriffenen Wesen gediehen in üppiger Mannigfaltigkeit die Brachiopoden, von denen sich einzelne durch sehr merkwürdige Gestaltung

Digitized by Google

auszeichnen, wie die Gattung Oldhamia (s. Abbildung, S. 169, oben), ferner Bivalven und Gasteropoden von teilweise altpaläozoischem Typus, wie die Bellerophontiden. Den größten Reichtum an Arten schließen wohl die Productus-Kalke des indischen Salzgebirges (Salt-Range) ein; hier konnte W. Waagen drei Stufen unterscheiden, deren tiefste wohl noch in das Oberkarbon reicht. Erst der obere Productus-Kalk enthält in Indien Ammoniten, und ihre verhältnismäßig hohe Entwickelungsstufe zeigt schon die Annäherung an die Trias an. Im Ural dagegen kommen Ammoniten schon in der tiefsten, unmittelbar auf dem oberkarbonen Fusulinenkalk aufruhenden Schichtgruppe, der Artinsk-Stufe, vor, die auf Grund gleichartiger Brachiopoden als ein Altersäquivalent der mittleren Productus-Kalke Indiens angesehen wird.

Vertritt die bis weit an das Eismeer sich ausdehnende und im Osten bis Buchara nachgewiesene Artinsk-Stufe die erste Stufe in der Entwickelung der permischen Meeresfauna, so erkennt man im oberen Productus-Kalk die nächstfolgende Phase; noch jünger sind die Faunen von Djulfa am Araxes und von Val Sosia in Sizilien (vgl. die Tabelle, S. 155). Dem oberen, vielleicht auch dem mittleren Productus-Kalk dürfte ferner die permische Marinfauna von Timor und Rotti im Sunda-Archipel entsprechen.

In den Südalpen hat man bisher permische Ammonitenfaunen noch nicht entdeckt; die Unterstufe der Permformation hat im Grödener Sandstein und im Verrucano eine mit der nördlichen übereinstimmende Ausbildung, die Oberstufe dagegen enthält eine echt marine Ablagerung, den Bellerophonkalk, einen dunkeln, zum Teil wohl aus Kalkalgen gebildeten Kalkstein mit zahlreichen Bellerophontiden und Brachiopoden, aber ohne Ammoniten. Außer den bisher besprochenen kennen wir nur noch in Texas marine Permschichten, und hier wieder mit zahlreichen Ammoniten von ziemlich hoher Entwickelungsstufe und mit Gasteropoden von mehr karbonem Typus. Dasselbe System von roten Schiefern, Sandsteinen und Kalken, das diese marinen Versteinerungen einschließt, enthält aber auch die oben erwähnten Landreptile aus der Gruppe der Anomodontier. Ähnlich wie in Rußland schließt die permische Formation, die sich von Texas bis an den Red River und Colorado ausdehnt, mit gipsführenden roten Thonen und Sandsteinen. Auch in Nordamerika kontrastiert mit dieser marinen Entwickelung des Perm im Süden ein Gebiet von Binnenablagerungen im Norden, vor allen die oberste mächtige Abteilung der kohleführenden Schichten in den appalachischen Kohlenbecken neben einer großen Anzahl anderer, weniger genau bekannten Ablagerungen. Auch die nordamerikanische Permflora läßt ein deutliches Zurücktreten der karbonischen, ein gleichzeitiges Andrängen von mesozoischen Typen erkennen. So kündigt die permische Organismenwelt im Meere wie auf dem Festlande die großen Veränderungen an, die in der mesozoischen Periode zum Durchbruch kommen.

---

4. Die Triasformation.

Inhalt: Die mesozoische Periode. — Die Binnenentwickelung der Trias. — Die alpine (pelagische) Entwickelung der Trias. — Weitere Verbreitung der Trias.

Die mesozoische Periode.

Die drei großen Formationen Trias, Jura und Kreide werden als das mittlere Zeitalter, als mesozoische Periode, zusammengefaßt; vollständige Übergänge zwischen allen diesen Ablagerungen und ihren Faunen sind bekannt, und die Pflanzen- und Tierwelt des ganzen

Digitized by Google

Digitized by Google

LANDSCHAFT DER TRIASPERIODE.

(Nach Aquarell von Ernst Heyn.)

Digitized by Google

Abschnittes hat manches Wichtige gemein. Überblicken wir diese Periode als ein Ganzes, so finden wir in Fauna und Flora einige mächtig hervorragende Charakterzüge, die sie von späteren wie früheren Vorkommnissen streng unterscheiden und dem Leben der damaligen Zeit ein ganz eigentümliches Gepräge verliehen (s. die beigeheftete Tafel „Landschaft der Triasperiode").

Weitaus die hervorstechendste Erscheinung bildet die großartige Entwickelung und Verbreitung der Reptile, von deren damaliger Menge und Verschiedenartigkeit uns die jetzt noch lebenden Reste dieser Tierklasse nur eine dürftige Vorstellung geben. Während heute nur noch vier Ordnungen vorhanden sind: Krokodile, Eidechsen, Schlangen und Schildkröten, kennen wir aus der mesozoischen Zeit etwa zwölf verschiedene Ordnungen, zu Lande und zu Wasser die Herren der Schöpfung. Säugetiere und Vögel spielten nur eine untergeordnete Rolle. Die Krokodile der heißen Gegenden sind die letzten schwachen Epigonen jener häßlichen Kolosse, von denen die damalige Schöpfung wimmelte. Im Meer vertraten sie die Stelle der Walfische; die Ichthyosaurier mit delphinartigem Körper, mit nackter Haut und mächtigem knöchernen Augenring, die Plesiosaurier und ihre Verwandten, Tiere mit kurzem, gedrungenem Körper, mit riesig langem Schwanenhals und kleinem Kopfe, die Mosasauriden, deren langgestreckter Leib an die fabelhafte Seeschlange erinnert, kräftig gepanzerte Krokodile: das waren die gestrengen Herren der See, deren Gefräßigkeit und Schnelligkeit sich keine Beute so leicht entziehen konnte. Zu Lande bildeten den auffallendsten Zug die Dinosaurier, die zum großen Teil, wie die Känguruhs, auf zwei Beinen einherschritten und sich auf den mächtigen Schweif stützten; neben kleinen Tieren, die kaum eine Höhe von 30 cm erreichten, bewegten sich auch schwerfällige Riesen auf den Hinterbeinen durch die dichten Wälder, deren Blattwerk ihre Nahrung bildete, während sich andere durch ihre dolchartigen Zähne als grimmige Räuber zu erkennen gaben. Andere gingen auf allen vieren, und unter ihnen befinden sich die riesigsten Landtiere, die je auf Erden gelebt haben, neben denen sich ein Elefant etwa ausnehmen würde wie ein Kalb neben einem Rhinozeros. Wir können uns von diesen Kolossen kaum eine Vorstellung machen, von Tieren, die bei etwa 12 m Höhe 18 m Länge besaßen, ja von denen einzelne, namentlich der angeblich 36 m lange Atlantosaurus, sogar noch bedeutend größere Dimensionen erreichten und an Volumen einem ziemlich ansehnlichen Hause gleichkamen. Andere allerdings hatten minder seltsames Aussehen, Eidechsen und Schildkröten von nicht eben fremdartiger Gestalt gehörten zum kleinen Getier, während an Stelle der nur spärlich vertretenen Vögel die über alle Beschreibung häßlichen Pterodaktylen mit ihren mächtigen Flughäuten durch die Luft glitten. Die meisten unter ihnen waren nicht groß, aber einzelnen, die sich in der Kreideformation Nordamerikas gefunden haben, wird eine Flügelspannweite von 5 m zugeschrieben.

Wohl ist die Mannigfaltigkeit der mesozoischen Reptile damit noch bei weitem nicht erschöpft, aber das Gesagte wird eine annähernde Vorstellung des dominierenden Teiles der damaligen Bevölkerung geben. Von Landbewohnern sind außerdem noch mächtige Amphibien zu nennen, die Stegocephalen oder Labyrinthodonten, deren Vorkommen aber auf die älteste unter den mesozoischen Formationen, die Trias, beschränkt ist. Einen wichtigen Zug der mesozoischen Fauna bildet das erste Hervortreten der Säugetiere und Vögel. Von niederen Landtieren sind vor allen die Insekten von Bedeutung, unter denen Käfer, Libellen, Heuschrecken, Schaben, Wanzen eine bedeutende Rolle spielen, während Spinnentiere aller Art und Tausendfüße noch nicht gefunden worden sind. Rechnen wir dazu noch einige Lungenschnecken, so ist damit erschöpft, was wir von Landtieren der mesozoischen Zeit wissen. Die Vegetation, in deren Mitte sie lebten, war zunächst noch von blütenlosen Gewächsen: Schachtelhalmen, Baumfarnen, Nadelhölzern und Sagopalmen, zusammengesetzt, erst zu Beginn der Kreideformation tritt eine reiche Flora von Palmen und verschiedenartigen Dikotyledonenpflanzen hinzu. Damit gewinnt das Gewand der Kontinente an Farbe und Lebhaftigkeit. Wenn wir uns aber die Landschaft der mesozoischen Zei

Digitized by Google

LANDSCHAFT DER TRIASPERIODE.

(Nach Aquarell von Ernst Heyn.)

UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

Abschnittes hat manches Wichtige gemein. Überblicken wir diese Periode als ein Ganzes, so finden wir in Fauna und Flora einige mächtig hervorragende Charakterzüge, die sie von späteren wie früheren Vorkommnissen streng unterscheiden und dem Leben der damaligen Zeit ein ganz eigentümliches Gepräge verliehen (s. die beigeheftete Tafel „Landschaft der Triasperiode").

Weitaus die hervorstechendste Erscheinung bildet die großartige Entwickelung und Verbreitung der Reptile, von deren damaliger Menge und Verschiedenartigkeit uns die jetzt noch lebenden Reste dieser Tierklasse nur eine dürftige Vorstellung geben. Während heute nur noch vier Ordnungen vorhanden sind: Krokodile, Eidechsen, Schlangen und Schildkröten, kennen wir aus der mesozoischen Zeit etwa zwölf verschiedene Ordnungen, zu Lande und zu Wasser die Herren der Schöpfung. Säugetiere und Vögel spielten nur eine untergeordnete Rolle. Die Krokodile der heißen Gegenden sind die letzten schwachen Epigonen jener häßlichen Kolosse, von denen die damalige Schöpfung wimmelte. Im Meer vertraten sie die Stelle der Walfische; die Ichthyosaurier mit delphinartigem Körper, mit nackter Haut und mächtigem knöchernen Augenring, die Plesiosaurier und ihre Verwandten, Tiere mit kurzem, gedrungenem Körper, mit riesig langem Schwanenhals und kleinem Kopfe, die Mosasauriden, deren langgestreckter Leib an die fabelhafte Seeschlange erinnert, kräftig gepanzerte Krokodile: das waren die gestrengen Herren der See, deren Gefräßigkeit und Schnelligkeit sich keine Beute so leicht entziehen konnte. Zu Lande bildeten den auffallendsten Zug die Dinosaurier, die zum großen Teil, wie die Känguruhs, auf zwei Beinen einherschritten und sich auf den mächtigen Schweif stützten; neben kleinen Tieren, die kaum eine Höhe von 30 cm erreichten, bewegten sich auch schwerfällige Riesen auf den Hinterbeinen durch die dichten Wälder, deren Blattwerk ihre Nahrung bildete, während sich andere durch ihre dolchartigen Zähne als grimmige Räuber zu erkennen gaben. Andere gingen auf allen vieren, und unter ihnen befinden sich die riesigsten Landtiere, die je auf Erden gelebt haben, neben denen sich ein Elefant etwa ausnehmen würde wie ein Kalb neben einem Rhinozeros. Wir können uns von diesen Kolossen kaum eine Vorstellung machen, von Tieren, die bei etwa 12 m Höhe 18 m Länge besaßen, ja von denen einzelne, namentlich der angeblich 36 m lange Atlantosaurus, sogar noch bedeutend größere Dimensionen erreichten und an Volumen einem ziemlich ansehnlichen Hause gleichkamen. Andere allerdings hatten minder seltsames Aussehen, Eidechsen und Schildkröten von nicht eben fremdartiger Gestalt gehörten zum kleinen Getier, während an Stelle der nur spärlich vertretenen Vögel die über alle Beschreibung häßlichen Pterodaktylen mit ihren mächtigen Flughäuten durch die Luft glitten. Die meisten unter ihnen waren nicht groß, aber einzelnen, die sich in der Kreideformation Nordamerikas gefunden haben, wird eine Flügelspannweite von 5 m zugeschrieben.

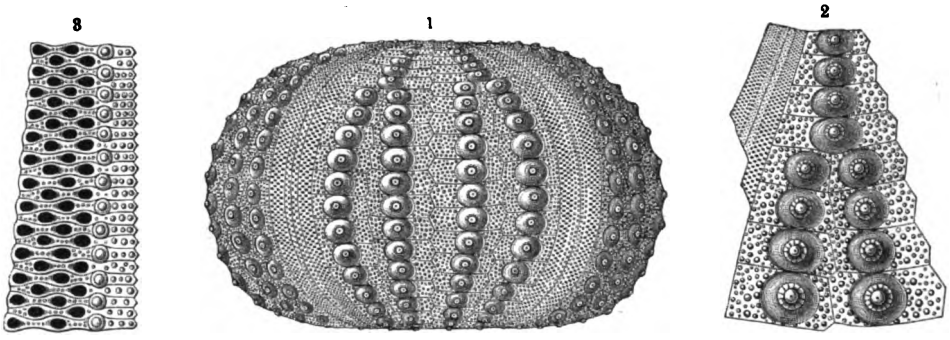
Wohl ist die Mannigfaltigkeit der mesozoischen Reptile damit noch bei weitem nicht erschöpft, aber das Gesagte wird eine annähernde Vorstellung des dominierenden Teiles der damaligen Bevölkerung geben. Von Landbewohnern sind außerdem noch mächtige Amphibien zu nennen, die Stegocephalen oder Labyrinthodonten, deren Vorkommen aber auf die älteste unter den mesozoischen Formationen, die Trias, beschränkt ist. Einen wichtigen Zug der mesozoischen Fauna bildet das erste Hervortreten der Säugetiere und Vögel. Von niederen Landtieren sind vor allen die Insekten von Bedeutung, unter denen Käfer, Libellen, Heuschrecken, Schaben, Wanzen eine bedeutende Rolle spielen, während Spinnentiere aller Art und Tausendfüße noch nicht gefunden worden sind. Rechnen wir dazu noch einige Lungenschnecken, so ist damit erschöpft, was wir von Landtieren der mesozoischen Zeit wissen. Die Vegetation, in deren Mitte sie lebten, war zunächst noch von blütenlosen Gewächsen: Schachtelhalmen, Baumfarnen, Nadelhölzern und Sagopalmen, zusammengesetzt, erst zu Beginn der Kreideformation tritt eine reiche Flora von Palmen und verschiedenartigen Dikotyledonenpflanzen hinzu. Damit gewinnt das Gewand der Kontinente an Farbe und Lebhaftigkeit. Wenn wir uns aber die Landschaft der mesozoischen Zeit

Digitized by Google

vor dem Erscheinen der Blütengewächse vergegenwärtigen, so muß sie uns wenig ansprechend erscheinen: ein Land, von düsterem, eintönigem Wald bedeckt und bevölkert von Geschöpfen, deren scheußliche Form die wildesten Phantasien von Drachen und Lindwürmern noch übertrifft, deren Anblick in freier Natur kein anderes Gefühl als das des Schauders erwecken könnte.

Die Meeresbevölkerung trug keinen so auffallenden Charakter. Abgesehen von den schon erwähnten gewaltigen Reptilen sind nur zwei abweichende Typen der Cephalopoden, die Ammoniten und Belemniten, vorhanden, die der Marinfauna der mesozoischen Zeit ein fremdartiges Gepräge verleihen; in allen anderen Beziehungen ist es nur ein Mehr oder Weniger in der Entwickelung der einzelnen Ordnungen, kein durchgreifender Unterschied von der heutigen Natur.

Wie gegen die Jetztzeit, so ist auch die Abweichung gegen die paläozoische Schöpfung erheblich. Bis vor kurzem, solange man vorwiegend nur die Binnenbildungen an der Grenze der paläozoischen und mesozoischen Ära kannte, schien geradezu ein gänzlich unvermittelter Kontrast



Tetracidaris, ein Kreideseeigel mit der Tafelzahl der paläozoischen Palaechinoiden: 1) vollständiges Exemplar in natürlicher Größe; 2) Stück eines Interambulacrums, schwach vergrößert; 3) Stück eines Ambulacrums, stark vergrößert. (Nach Cotteau.)

vorhanden zu sein; aber mit der stetigen Ausdehnung der Forschung auf bisher unbekannte Gegenden wurden immer mehr Übergangsbildungen bekannt und so die Kluft zwischen der paläozoischen und mesozoischen Lebewelt überbrückt.

Trotzdem läßt sich nicht verkennen, daß mit Beginn der Triasformation und teilweise auch schon in der Permformation ein wesentlicher und sich verhältnismäßig rasch vollziehender Umschwung in der gesamten Lebewelt eintritt. Zahlreiche echt paläozoische Typen sterben aus, wie die Trilobiten, die Blastoideen, Cystideen, und zahlreiche Gattungen von Brachiopoden, Cephalopoden und Bryozoen. Andere Abteilungen des Tierreiches schlagen eine neue Entwickelungsrichtung ein, wie die Schnecken und Muscheln, die Korallen, Seeigel und Krinoiden. Zwar kennt man auch in der Trias Korallen, die an gewisse paläozoische Typen (Pterokorallien) anzuschließen sind, aber die erdrückende Menge der paläozoischen Tetrakorallien verschwindet, um den Hexakorallien Platz zu machen. Und ähnlich ist das Verhalten bei den Seeigeln. In der Hauptsache verschwindet die paläozoische Unterklasse der Palaechinoiden und wird in der mesozoischen Zeit durch die Euechinoiden ersetzt, die durch die Zahl von 20 Tafelreihen in ihrem Gehäuse gekennzeichnet sind; nur gilt dies nicht ausnahmslos, weil schon aus permischen Ablagerungen ein Vertreter der Euechinoiden, eine Art der Gattung Hypodiadema, angeführt wird, während der triadische Tiarechinus die wesentlichen Charaktere eines paläozoischen Seeigels trägt und auch Tetracidaris aus der unteren Kreide 30 Tafelreihen statt 20 aufweist (s. obenstehende Abbildung).

Digitized by Google

Die Binnenentwickelung der Trias.

Die Trias, die älteste unter den drei großen mesozoischen Formationen, bildet in den zuerst untersuchten mitteleuropäischen Gebieten, was Gesteinsentwickelung und äußere Bildungsverhältnisse anlangt, die unmittelbare und nur unwesentlich abweichende Fortsetzung der permischen Ablagerungen. Der außeralpine Teil von Deutschland zeigt den bekanntesten Typus der Formation, die hier zu unterst aus einer Sandbildung, dem Buntsandstein, in der Mitte aus marinen Kalken, dem Muschelkalk, zu oberst wieder aus Sandsteinen und bunten Mergeln, dem Keuper, besteht. Diese Dreiteilung hat zu dem Namen „Trias" Veranlassung gegeben, der allgemein verbreitet und angenommen ist, aber dem wahren Wesen der Formation nicht entspricht; denn die Dreizahl der Glieder läßt sich in dieser Weise, außer in Deutschland, nur in beschränkten Nachbargebieten der Schweiz, Frankreichs und Galiziens verfolgen, sie bildet den Charakter einer durchaus abnormen Entwickelung, die sonst in keinem Teile der Erde wiederkehrt.

Voltzia heterophylla, aus dem Buntsandstein. (Nach Fraas.) Vgl. Text, S. 174.

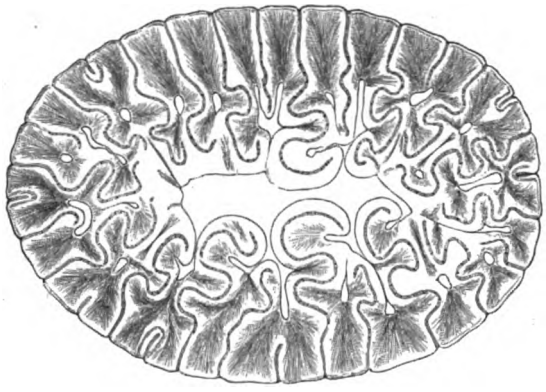
Das Studium der Triasformation ist von dieser Entwickelungsart ausgegangen, die im außeralpinen Deutschland einen großen Flächenraum einnimmt. Das Hauptverbreitungsgebiet bildet ein unregelmäßiges Viereck, dessen Ecken annähernd durch die Lage der Städte Osnabrück, Basel, Neumarkt (südöstlich von Nürnberg) und Halle an der Saale gegeben sind. Zwar sind die Seiten des Vierecks unregelmäßig geformt, einzelne bedeutende Vorsprünge anderer Gesteine, namentlich der Vogelsberg bei Frankfurt und der vortriadische Teil des Thüringer Waldes, ragen mächtig in diesen Raum hinein, ansehnliche Inseln anderer Materiale treten darin auf, während bedeutende Ausläufer, besonders die Triaszüge von Bayreuth und Staßfurt, über ihn hinausgreifen; der Hauptsache nach aber haben wir hier ein geschlossenes Gebiet von mächtiger Ausdehnung, größer als das irgend einer anderen Formation in Deutschland, mit Ausnahme der jungen Gebilde der norddeutschen Ebene. Ein zweites bedeutendes Triasgebiet, das allerdings teilweise nach Frankreich fällt, befindet sich auf dem linken Rheinufer, dessen unregelmäßig geformte Grenzen in der Nähe der Städte Alzey, Saarbrücken, Trier, Gerolstein, Montmédy, Luxemburg, Nancy und Vesoul verläuft; es umfaßt den größeren Teil der Vogesen und die östliche Umrandung des Pariser Beckens. Ein drittes ansehnliches Triasgebiet findet sich in Schlesien, um Tarnowitz als Mittelpunkt.

Den unteren Teil der Trias bildet der Buntsandstein, eine mächtige Ablagerung verschiedenfarbiger roter, weißer, gefleckter, grünlicher Sandsteine, die durch ihren Farbenwechsel den Anlaß zur Benennung dieses Gliedes gegeben haben; das Hauptgestein aber, das im Schwarzwald,

Digitized by Google

im Odenwald, in den Vogesen ꝛc. vorwiegt, sind einfarbig dunkelrote Sandsteine, die in mächtigen, undeutlich gesonderten Bänken brechen, und bei denen die senkrechte Zerklüftung oft deutlicher als die Schichtung hervortritt. Sie liefern treffliches Quadermaterial, sie haben die Bausteine für das Heidelberger Schloß, für die Dome zu Speyer, Worms und Straßburg, für zahllose Bauten jener Gegenden hergegeben, und ihr Vorkommen bedingt zum großen Teil Bauart und Charakter der Städte dieses herrlichen Landes.

Außer den Sandsteinen treten Konglomerate auf, rote, lettige Mergel trifft man häufig in der Oberregion, Kalkbänke schalten sich dazwischen ein, ein anderes nicht seltenes Vorkommen bildet Gips, und in manchen Gegenden Nordwestdeutschlands, im Braunschweigischen und bei Salzgitter im Hannöverschen, finden sich an der Grenze gegen die Permformation mächtige Salzlagerstätten. Im allgemeinen aber ist die ganze Stufe nicht reich an nutzbaren Mineralen; ihre Verwitterungsprodukte geben keine dem Landbau günstige Ackerkrume, es sind meist wenig fruchtbare Landstriche, die der Buntsandstein bildet, sie können keine zahlreiche Bevölkerung ernähren, und mit Recht ist die große Verbreitung dieser Schichtgruppe geradezu als ein Nationalunglück für Deutschland bezeichnet worden. Nur sehr unvollkommenen Ersatz bietet es, daß der Buntsandstein weite, zum Teil herrliche Forste trägt, daß er die eigentliche Waldformation des westlichen Deutschland ist.



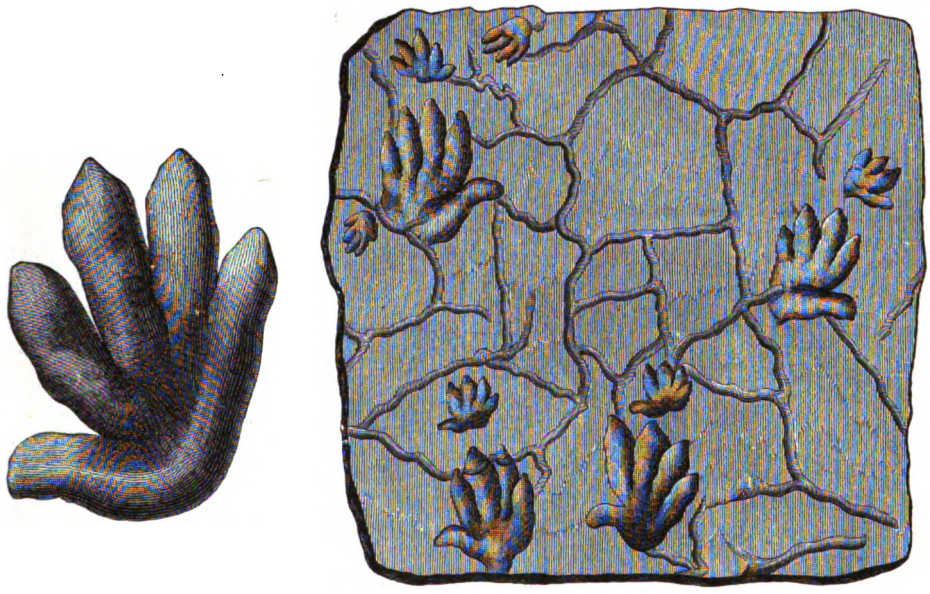
Querschnitt durch den Zahn eines großen Stegocephalen („Labyrinthodonten") mit gekröseartig gewundener Zahnstruktur.

Wie für die wirtschaftlichen Verhältnisse, so ist auch für die Untersuchungen des Geologen der Buntsandstein ein ziemlich trostloses Revier: Eintönigkeit der Felsarten und überaus große Armut an Versteinerungen sind zwei Hauptcharakterzüge, die der Forschung auf diesem Gebiet wenig erfreuliche Resultate in Aussicht stellen. An einigen Punkten finden sich Pflanzenreste, einige Schachtelhalme, Farne und Nadelhölzer, darunter namentlich Voltzia heterophylla, die bezeichnendste Art der ganzen Ablagerung (s. Abbildung, S. 173); dazu kommen überaus seltene Reste von großen Stegocephalen oder Labyrinthodonten mit eigentümlich gewundener Zahnstruktur (s. obenstehende Abbildung) sowie Schuppen von Ganoidfischen, und diese stellenweise in so großer Menge, daß sie die Sandsteinlagen fast schwarz färben.

Wie um des Geologen zu spotten, der mit vergeblichem Eifer nach wohlerhaltenen Versteinerungen sucht, treten verhältnismäßig häufig in manchen Gegenden die Fußstapfen eines mächtigen unbekannten Tieres auf, das auf vier Füßen einherging. Der berühmteste Fundort dieser Fährten befindet sich in Heßberg bei Hildburghausen, weniger häufig und gut erhalten treten sie aber an vielen anderen Punkten, in Thüringen, Franken ꝛc., auf; ja, man hat einen bestimmten Horizont des Buntsandsteins geradezu als die Chirotherium-Schicht bezeichnet, nach dem Namen, den man dem Urheber dieser seltsamen Spuren gegeben hat: die Form der Fährten ist handartig (Chirotherium = „Handtier"; s. Abbildung, S. 175). Vier plumpe, krallentragende Finger und ein krallenloser, weit abstehender Daumen umgeben den mächtigen, polsterartigen Handteller, die Hinterfüße waren groß, die Vorderfüße auffallend klein, kaum ein Drittel so groß wie jene. Welches Tier diese Eindrücke hinterlassen hat, wissen wir nicht; doch ist es wahrscheinlich, daß sie von Labyrinthodonten herrühren.

Digitized by Google

Die Art und Weise, wie diese Spuren eines rätselhaften Wesens vorkommen, ist in vieler Beziehung von Interesse. Natürlich waren es vertiefte Abdrücke in dem weichen, etwas thonigen Sandboden, die zurückgelassen wurden, später lagerten sich neue Schichten darüber, deren Material formte diese Vertiefungen ab; und wenn man nun die Sandsteinplatten abhebt, so findet man auf deren Unterseite den erhabenen Ausguß der Fährte, ein genaues Faksimile des Fußes. Wir können aus diesem Vorkommen schließen, daß hier mehrfache Wechsel im Stande des Wassers stattgefunden haben. Der Boden muß trocken gelegen haben, als die Chirotherien über ihn spazierten, und er wurde dann wieder mit Wasser bedeckt, so daß sich von neuem Sand ablagern konnte, der die Fährten ausfüllte und die nächste Schicht bildete. Neben den Fährten erscheint ein grobes, weitläufiges Netzwerk von Wülsten, die Ausfüllung von Rissen, die der in der Sonnen-



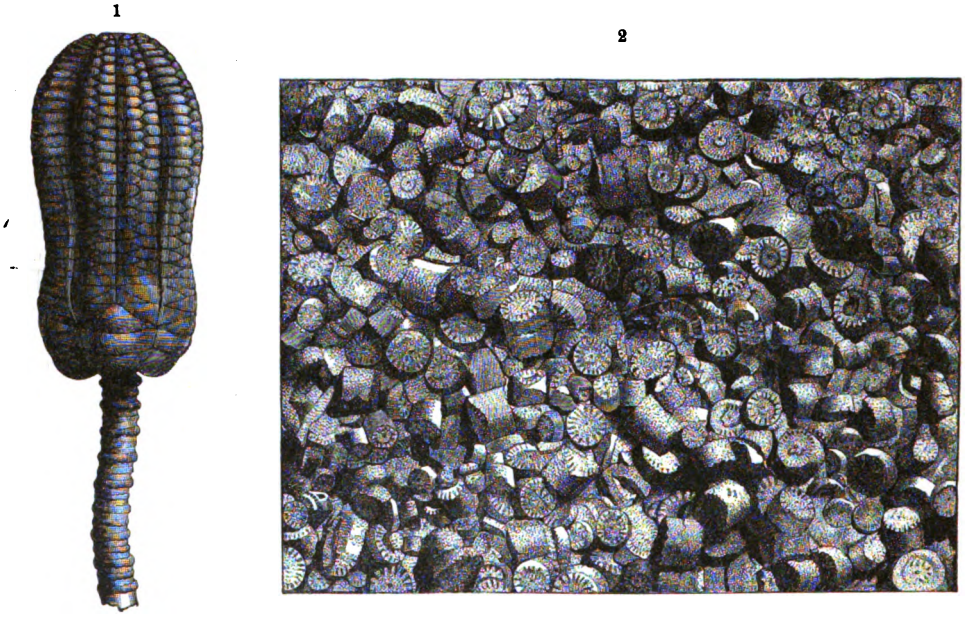
Rechts eine Platte mit Chirotherium-Fährten und Austrocknungssprüngen, stark verkleinert; links eine einzelne Fährte in schwacher Verkleinerung. Vgl. Text, S. 174.

hitze austrocknende Schlamm während des Rückzuges des Wassers erhalten hat; auch finden sich Eindrücke von Regentropfen, ferner Wellenfurchen und Abdrücke von Kochsalzkristallen, die sich durch Verdampfen zurückgebliebenen Wassers ausschieden und später wieder aufgelöst wurden. Es hat also der Boden nicht nur kurze Zeit trocken gelegen, etwa beim täglichen Wechsel von Ebbe und Flut: im Zeitraum von wenigen Stunden bilden sich nicht zollgroße Sprünge und ansehnliche Kochsalzkristalle; sondern dieser Zustand muß längere Zeit angedauert haben.

Eine Änderung der Verhältnisse tritt in der Oberregion des Buntsandsteins ein; hier erscheinen statt der sandigen Ablagerungen dunkelrote Thone, der sogenannte Röt, häufig von Gips begleitet und mit Einlagerungen von Kalk und Dolomit. Hier finden sich die ersten Andeutungen marinen Lebens; allerdings sind sie dürftig genug, in der Regel sind es wenige Muscheln, unter denen namentlich Myophoria costata und Myacites Fassaensis wegen ihrer Häufigkeit und weiten Verbreitung von Wichtigkeit sind. Nur an wenigen Orten, in der Umgebung von Weimar, in Oberschlesien und in der Nähe von Krakau, tritt als Seltenheit auch eine Ammonitenform, Beneckeia tenuis, auf. Es sind das die Vorboten einer ziemlich mächtigen marinen Entwickelung, die nun Platz greift, des Muschelkalks.

Digitized by Google

Der Muschelkalk ist ebenfalls in Deutschland sehr verbreitet; er folgt fast allerorten in regelmäßiger Lagerung über dem Buntsandstein. Diese Bildung hat in vielen Beziehungen die auffallendste Analogie mit dem Zechstein der permischen Formation, ist gleich diesem in seiner typischen Entwickelung auf ein enges Areal beschränkt und mit einer Fauna, durch geringe Zahl der Arten bei großer Häufigkeit der Individuen ausgezeichnet. Eine derartig artenarme, aber individuenreiche Fauna weist auf ein fast ganz abgeschlossenes Becken hin, das nur selten durch Einwanderung aus dem offenen Ozean neue Elemente in sich aufnahm und daher bei geringer Konkurrenz die üppige Entwickelung der vorhandenen und angepaßten Arten begünstigte. Muscheln und Schnecken haben das Übergewicht; neben ihnen kommen von niederen Tieren nur wenige Arten von Brachiopoden, Ammoniten und Krinoiden, allerdings in großer Individuenmenge, vor.



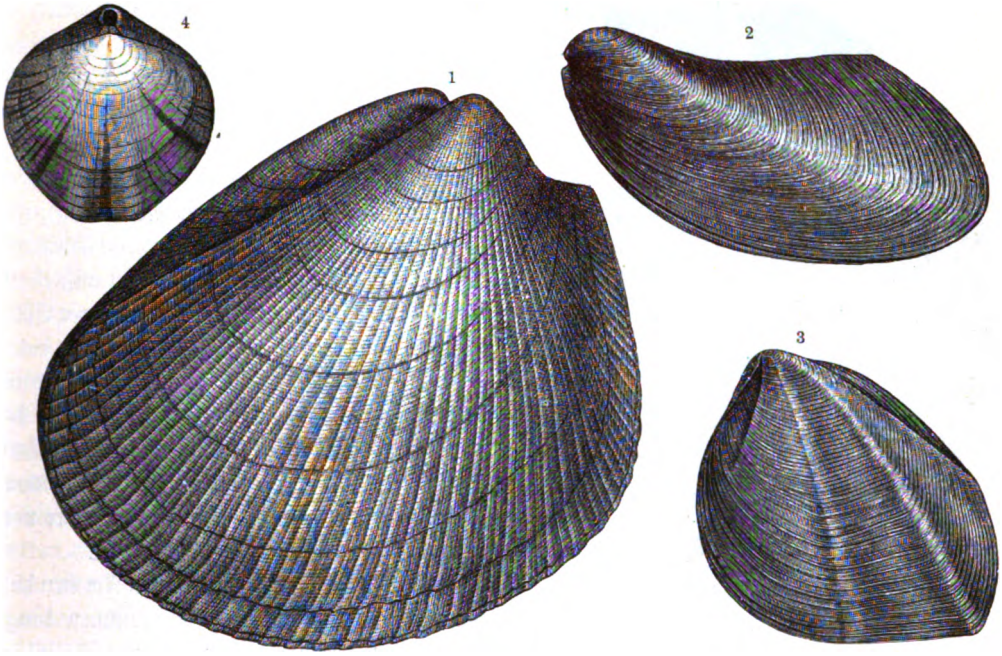
1) Encrinus liliiformis, aus dem oberen Muschelkalk; 2) Kalkstein, aus Stielgliedern von Encrinus gebildet, aus Württemberg. Vgl. Text, S. 177.

Man kann im deutschen Muschelkalk drei Unterabteilungen verfolgen, von denen die untere, der Wellenkalk, durch das Auftreten dünn geschichteter thoniger Kalkbänke mit unregelmäßig wellig gefalteter Oberfläche charakterisiert ist; darüber folgt als mittlere Abteilung die Anhydritgruppe, aus Kalken, Dolomiten, Rauchwacken, Anhydrit und Gips in unregelmäßiger Lagerung bestehend und häufig durch das Vorkommen reicher Salzlager ausgezeichnet. Während in manchen Gegenden die Mächtigkeit der Anhydritgruppe nicht bedeutend ist, schwillt sie örtlich riesig an, und dann weist sie die ausgezeichneten Salzvorkommnisse auf, die namentlich in Süddeutschlands und Thüringens Salinen ausgebeutet werden. Als paläontologisch selbständige Stufe kann die Anhydritgruppe nicht betrachtet werden; in der Regel ist sie vollständig fossilfrei, und an den wenigen Punkten, wo Versteinerungen gefunden worden sind, stimmen sie vollständig mit solchen überein, die die Oberregion des Wellenkalks zu charakterisieren pflegen. Die obere Abteilung, der Hauptmuschelkalk, besteht wieder aus normalen grauen Kalken, weniger thonig, fossilreicher und in dickeren Bänken brechend als die des Wellenkalks.

Unter den Versteinerungen des Muschelkalks sind die niedriger organisierten Formen, Foraminiferen, Schwämme, Korallen, nur überaus dürftig vertreten; erst die Echinodermen

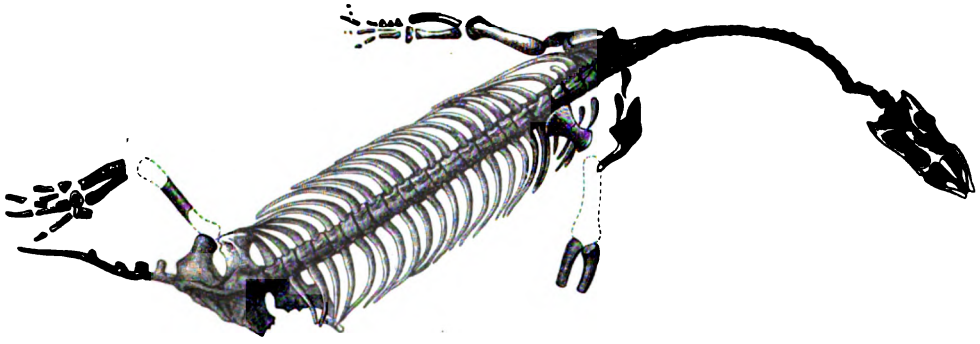
Digitized by Google

finden sich reichlicher. Aber auch bei ihnen macht sich eine auffallende Eintönigkeit geltend; abgesehen von ziemlich ärmlichen Resten von See-Igeln, ist fast nur die einzige Crinoidengattung Encrinus zu nennen, die stellenweise in ganz fabelhafter Menge vorkommt, so daß ihre Stielglieder bisweilen geradezu felsbildend auftreten (s. Abbild., S. 176, Fig. 1 u. 2). Unter den Brachiopoden,



Bezeichnende Muscheln und Brachiopoden des Muschelkalks: 1) Lima lineata, 2) Gervillia socialis, 3) Myophoria vulgaris; 4) Terebratula vulgaris mit erhaltener Farbenzeichnung, aus dem Muschelkalk Württembergs.

Muscheln und Schnecken finden wir eine große Anzahl von Formen, die beiden Hauptabteilungen des Muschelkalks gemeinsam angehören und die Schichtflächen oft zu Tausenden bedecken; einige

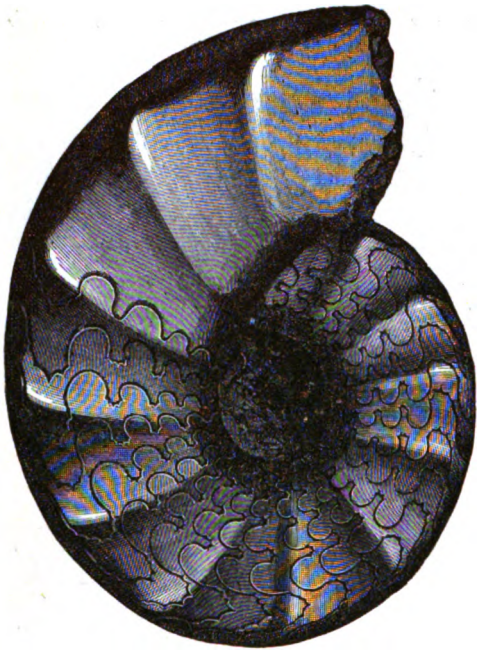


Neusticosaurus aus der Lettenkohle von Ludwigsburg. (Nach Seeley.) Vgl. Text, S. 179.

der bezeichnendsten Muscheln sind obenstehend, Fig. 1—3, abgebildet. Unter den Brachiopoden ist Terebratula vulgaris (s. obenstehende Abbildung, Fig. 4) weitaus die häufigste Art, während andere bezeichnende Formen, wie Retzia trigonella, Spiriferina fragilis, hirsuta und andere, weit seltener, aber doch von Wichtigkeit sind, da sie auch in alpinen Ablagerungen auftreten und den Vergleich dieser mit den mitteleuropäischen Bildungen erleichtern.

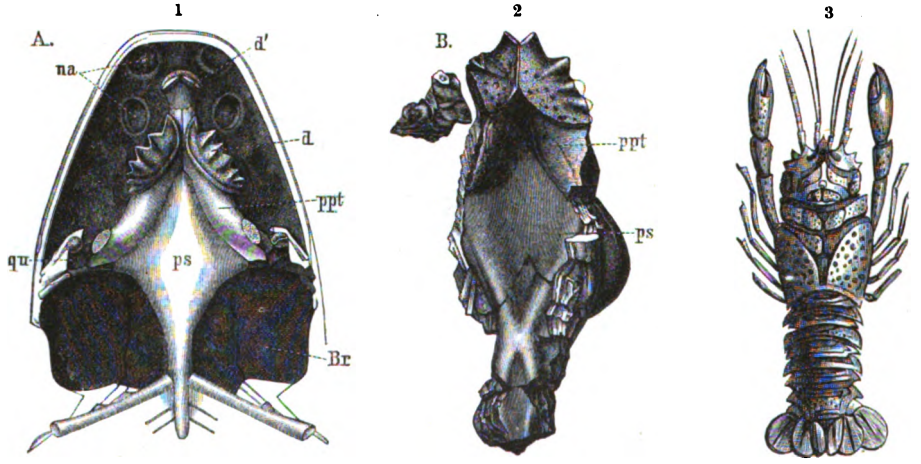
Digitized by Google

Cephalopoden sind im Wellenkalk überaus selten, aber durch charakteristische Typen vertreten: Beneckeia Buchi und Hungarites Strombecki im unteren, Ceratites antecedens und Ptychites dux im oberen Wellenkalk. Der untere Teil des Hauptmuschelkalks ist fast ganz ohne Cephalopoden, im oberen Teil treten sie dagegen in großer Häufigkeit hervor. Ceratites nodosus nimmt ein etwas tieferes Lager ein als Ceratites semipartitus. Es gibt vielleicht im ganzen Gebiete der Geologie kaum ein zweites Beispiel einer Cephalopodenart, die, wie Ceratites nodosus (s. nebenstehende Abbildung), auf einem ziemlich umfangreichen, geschlossenen Areal in so ungeheurer Menge und außerhalb seiner Grenzen noch nie auch nur in einer Spur gefunden worden ist. Mit Ausnahme eines schmalen Grenzstriches in Frankreich ist Ceratites nodosus ganz auf das Deutsche Reich beschränkt, in diesem aber vermutlich die in größter Individuenzahl vorkommende Ammonitenart, so daß Leopold v. Buch meinte, sie gehöre von Rechts wegen in das deutsche Wappen.



Ceratites nodosus, aus dem oberen Muschelkalk.

Rechnen wir zu den erwähnten Formen das erstmalige etwas häufigere Vorkommen langschwänziger Krebse aus der Gattung Pemphix (s. untenstehende Abbildung, Fig. 3), so ist damit die niedere Tier-Fauna des mitteleuropäischen Muschelkalks erschöpft. Von Wirbeltieren finden sich Schuppen und Zähne von Fischen stellen-



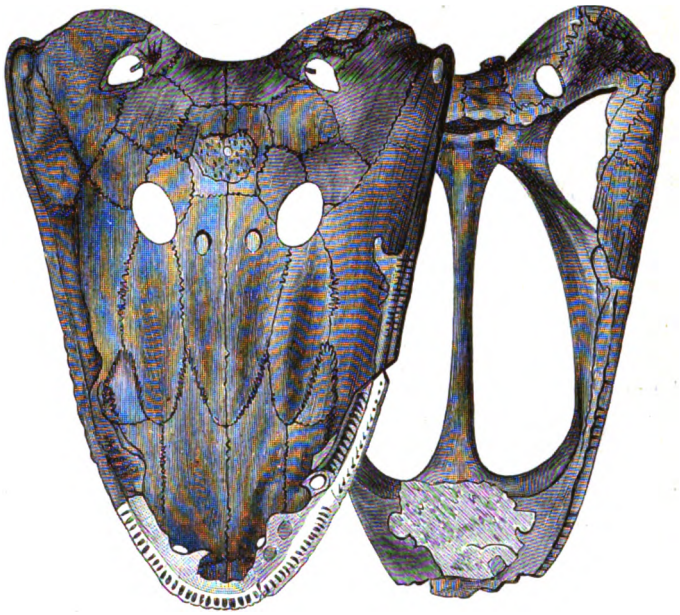
1) Ceratodus Forsteri, lebend (nach Günther); 2) Ceratodus Sturi, Schädel von der Unterseite, aus den „Lunzer Schichten" von Lunz (nach Teller): ps Parasphenoid, ppt Pterygo-Palatinum, d großer Zahn, d' vorderer Zahn, qu Quadratbein, na Nasenlöcher, Br Kiemenhöhle. Vgl. Text, S. 180. 3) Pemphix Sueuri, aus dem Muschelkalk, restaurierte und verkleinerte Zeichnung.

weise in großer Menge zusammengehäuft; doch fehlt es an gut erhaltenen Funden ganzer, zur Beurteilung geeigneter Exemplare. Von größter Wichtigkeit sind dagegen die allerdings ebenfalls fragmentarischen, aber teilweise gut erhaltenen Reste von Reptilen.

Digitized by Google

Weitaus die häufigste Form ist Nothosaurus, ein ziemlich großes, bizarres Tier mit langem Hals und langgestrecktem Kopf, an dem namentlich die riesigen Schläfengruben und die langen, schlanken Zähne im vorderen Teil des Kiefers auffallen. Neben diesen Riesen haben sich im Keuper einige Zwerge von überaus zierlichen Formen gefunden, wie der Neusticosaurus aus der Gegend von Ludwigsburg in Württemberg (s. Abbildung, S. 177, unten). Der stumpfschnauzige Schädel sitzt auf langem, schlankem Schwanenhals in einer Weise, wie das bei keinem lebenden Reptil vorkommt, aber allerdings bei den Plesiosauren des Jura noch extremer ausgebildet erscheint; der Rumpf ist gedrungen, der Schwanz kurz. Die Beine zeigen eher die Beschaffenheit von Schreitfüßen als von Flossen. Wir sehen hier die Anpassung an die Lebensweise im Wasser noch nicht so weit vorgeschritten wie bei den jurassischen Nachkommen der Nothosauriden, den Plesiosauren, bei denen die Umbildung der Schreitfüße in Flossen schon vollständig vollzogen ist.

Noch seltsamere Formen bilden die leider nur unvollständig bekannten Placodontier, deren Kiefer und Gaumen mit breiten, flachen, mächtigen Kauplatten besetzt waren, wie sie sonst bei keiner bekannten Reptilgruppe vorkommen. Aller Wahrscheinlichkeit nach lebten die Placodontier von den zahlreichen Mollusken, die den Meeresboden bedeckten und deren Schalen sie mit ihren Kauplatten zermalmten.



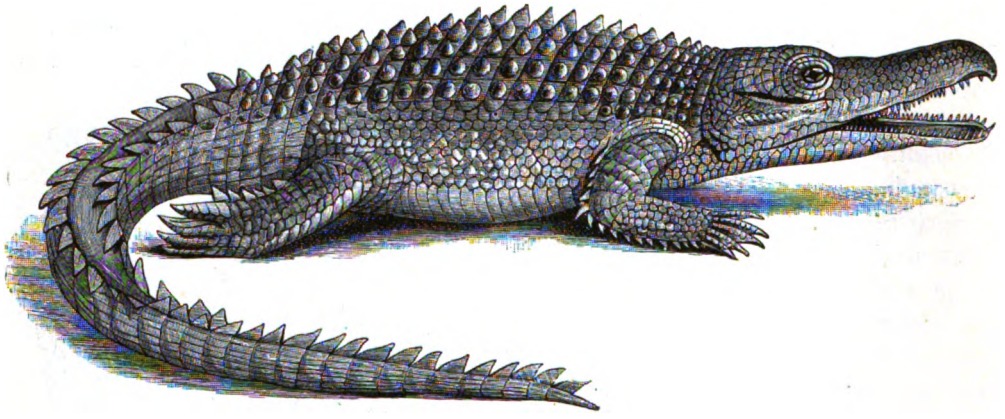
Schädel von Capitosaurus. (Nach O. Fraas.) Vgl. Text, S. 181.

Über dem Muschelkalk folgt die obere Trias oder der **Keuper**, ein Schichtkomplex, in dem allmählich die marinen Typen mehr und mehr zurücktreten; es stellen sich dann bunte Mergel und Sandsteine ein, die nur Landpflanzen und Wirbeltierreste enthalten, denen aber einige Bänke mit marinen Konchylien eingeschaltet sind; zu oberst nehmen in vielen Gebieten die Meeresablagerungen wieder überhand und bereiten die rein marine Entwickelung der nun folgenden Juraformation vor. Der Keuper wird in der Regel in drei Stufen eingeteilt: eine untere, **Lettenkeuper-** oder **Lettenkohlengruppe**, eine mittlere, den **bunten Keuper**, und eine obere, die **rätische** oder **Bonebedgruppe**.

Die Lettenkohlengruppe besteht aus einem mannigfachen Wechsel von gelben und grauen Dolomitbänken, mit einer dürftigen Marinfauna, von Thonen und pflanzenführenden Sandsteinen und enthält in vielen Gegenden ein etwa 30 cm mächtiges Flöz einer unreinen, zur Heizung unbrauchbaren Kohle. Die **Marinfauna** der Lettenkohlendolomite umfaßt nur wenige Arten: ein kleines Krebstier aus der Abteilung der Blattkiemer (Estheria minuta), einen hornschaligen Brachiopoden (Lingula tenuissima), einige wenige Muscheln, unter denen Myophoria Goldfussi am wichtigsten ist; in dem Grenzdolomit, der die Lettenkohlengruppe von dem bunten Keuper trennt, hat sich in Thüringen ein isolierter Ammonit, Ceratites Schmidti, in einem

Digitized by Google

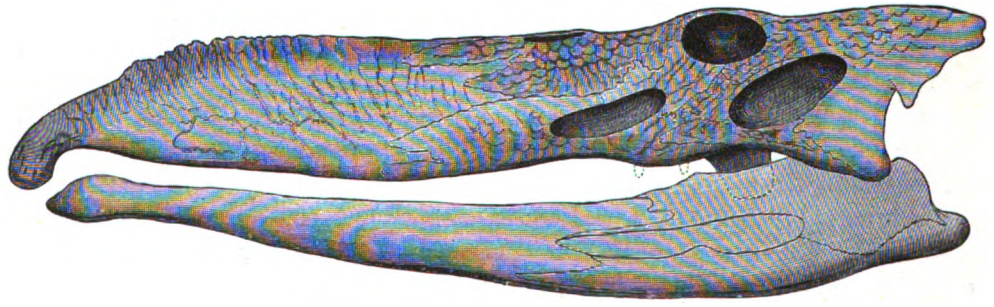
einzelnen Exemplar gefunden. Stellenweise treten namentlich in Württemberg häufiger die Zahnplatten der schon früher genannten Fischgattung Ceratodus auf; sie stimmen mit denen des heute in Queensland in Australien vorkommenden Baramunda, eines der wenigen Lungenfische der Jetztwelt, so auffallend überein, daß man auch für diesen kurzweg den für die Zähne der Trias gegebenen Namen Ceratodus angewendet hat. Ein später aufgefundener Schädelrest aus der nordalpinen Lettenkohle, den Lunzer Schichten, hat die Richtigkeit dieses Vorganges erwiesen: er ließ eine so weitgehende Übereinstimmung mit dem rezenten Ceratodus Forsteri erkennen, daß



Belodon, aus dem Keupersandstein von Stuttgart. (Restauriert nach O. Fraas.) Vgl. Text, S. 181.

im wesentlichen nur in der stärkeren Verknöcherung des Skeletts der triadischen Form ein Unterschied festgestellt werden konnte (s. Abbildung, S. 178, unten, Fig. 1 u. 2).

Weit reicher als die Meeresfauna ist die Landflora, die sich an vielen Orten im Lettenkeuper eingeschwemmt findet: Schachtelhalme, Farne, Nadelhölzer, vorzüglich aus den Gattungen Voltzia und Widdringtonia, endlich Pterophyllum als Vertreter der Cykadeen oder Sagopalmen.

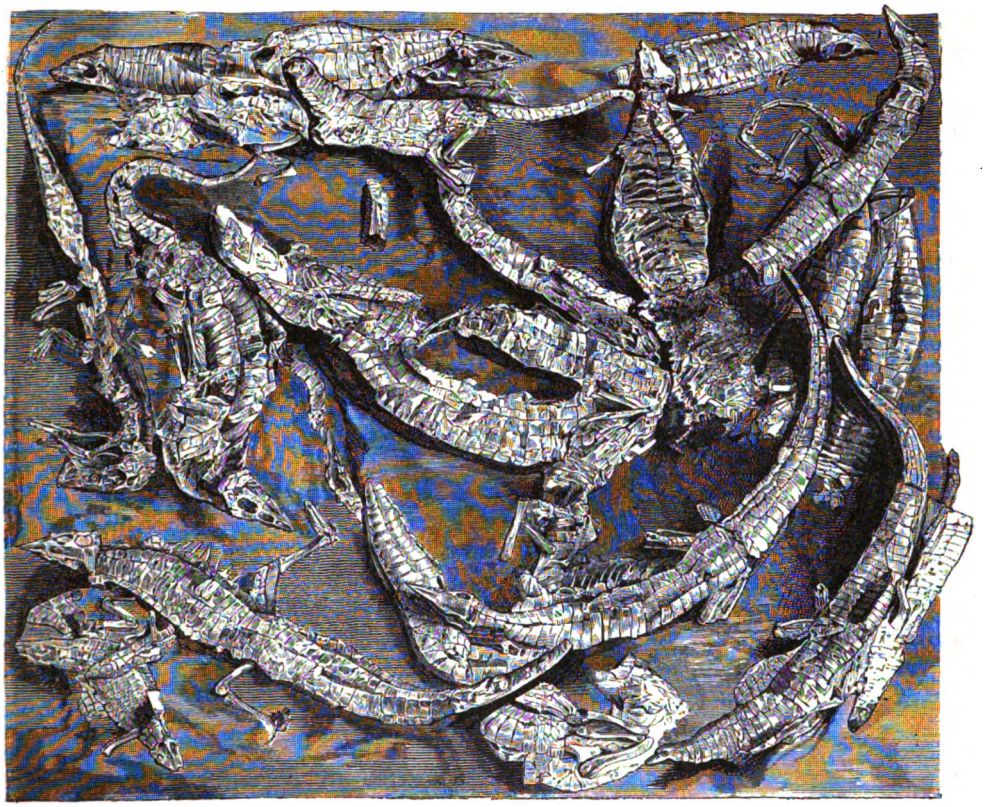


Schädel von Belodon (ohne die Zähne). Vgl. Text, S. 181.

Der mittlere oder bunte Keuper besteht vorwiegend aus roten und grünen, lettigen Mergeln mit Gipseinlagerungen, denen meist zwei mächtige Sandsteinhorizonte, der Schilfsandstein, ungefähr in der Mitte, und der Stubensandstein, gegen oben, eingeschaltet sind. In den unteren Mergeln liegen die großen Steinsalzlager von Lothringen, Dieuze und Salzburg. Auch zwei marine Einschaltungen von geringer Mächtigkeit treten regionenweise auf, von denen die ältere an manchen Punkten eine schöne und große Muschel, Myophoria Raibliana, enthält, die sich auch in der oberen Trias der Alpen, in den Raibler Schichten, findet.

Digitized by Google

Viel häufiger als die Meereskonchylien treten auch hier im mittleren Keuper Reste von Landpflanzen auf, denselben Haupttypen angehörend, die wir schon in der Lettenkohlengruppe kennen gelernt haben. Ferner findet sich in Semionotus ein ausgezeichneter Vertreter der schmelzschuppigen Fische, vor allem aber treten Amphibien und Reptile in ausgezeichneten Formen entgegen, von denen Württemberg und ganz besonders die Umgebung von Stuttgart eine Menge der prachtvollsten Reste geliefert hat. Von Amphibien sind gewaltige Labyrinthodonten vorhanden, die größten bisher bekannten Vertreter ihres Geschlechts, so Mastodonsaurus, Capito-



Sandsteinblock mit zahlreichen Exemplaren von Aëtosaurus, aus dem Keuper von Stuttgart, verkleinert. (Nach O. Fraas.) Vgl. Text, S. 182.

saurus (s. Abbildung, S. 179) und andere, von denen namentlich die riesigen Schädel in ziemlicher Anzahl gefunden worden sind. Hier findet dieser Stamm seine mächtigste Entfaltung, wenigstens was Größenentwickelung anlangt; aber damit ist auch der Höhepunkt erreicht. Es folgt der rasche Verfall und das Verschwinden der Labyrinthodonten.

Unter den Reptilen steht der mächtige Belodon obenan (s. Abbildung, S. 180, oben), dessen prächtige Reste durch die Bemühungen von Kapff aus dem Stubensandstein von Stuttgart zu Tage gefördert worden sind. Es sind das riesige, krokodilähnliche Tiere, die äußerlich schon durch die stark aufgetriebene Schnauze des langgestreckten Schädels ausgezeichnet sind (s. Abbildung, S. 180, unten); ein kräftiger Panzer deckte den Leib des Neckarsauriers. So sehr aber auch die ganze Gestalt den Krokodiltypus an sich trägt, so läßt doch der Skelettbau wichtige Eigentümlichkeiten und Abweichungen erkennen. Eine andere noch größere Form bildet die Dinosauriergattung Zanclodon, von der ein wunderbares, fast vollständiges Skelett, allerdings ohne

Digitized by Google

Schädel, in Stuttgart aufbewahrt wird. Ein überaus zierliches, in der äußeren Erscheinung eidechsenähnliches Tier dagegen ist Aëtosaurus, den wir durch die Beschreibung von Fraas kennen gelernt haben. Im Naturalienkabinett in Stuttgart wird als eins der wertvollsten Stücke und als einer der schönsten paläontologischen Funde, die je gemacht worden sind, ein Sandsteinblock aufbewahrt, in welchem sich die Reste von nicht weniger als 24 dieser Tierchen, fast alle in prachtvoller Erhaltung, befinden (s. Abbildung, S. 181).

Endlich ist noch das Auftreten der ersten Schildkröten zu erwähnen, die sich merkwürdigerweise sofort mit einer hochentwickelten Form, der Süßwasserschildkröte Proganochelys aus der Gruppe der Pleurodira, einführen. Daneben kommen auch Bruchstücke von Lederschildkröten vor, meerbewohnenden Formen, deren lederartige Haut an Stelle eines festen Panzers mit einem Pflaster von polygonalen Tafeln bedeckt war, das keine feste Verbindung mit dem inneren Skelett hatte. Ob man nun diese Lederschildkröten als niedrig organisierte, ursprüngliche oder als rückgebildete Typen auffaßt, in jedem Fall beweist ihr Zusammenvorkommen mit hochstehenden Pleurodiren, daß die Abzweigung und Entwickelung der Schildkröten vom Hauptstamm der Reptile in weit entlegener Zeit, vor der Triasperiode, stattgefunden haben muß.

Zahn von Microlestes, aus dem Bonebed von Degerloch bei Stuttgart, in verschiedenen Ansichten abgebildet. Vgl. Text, S. 240.

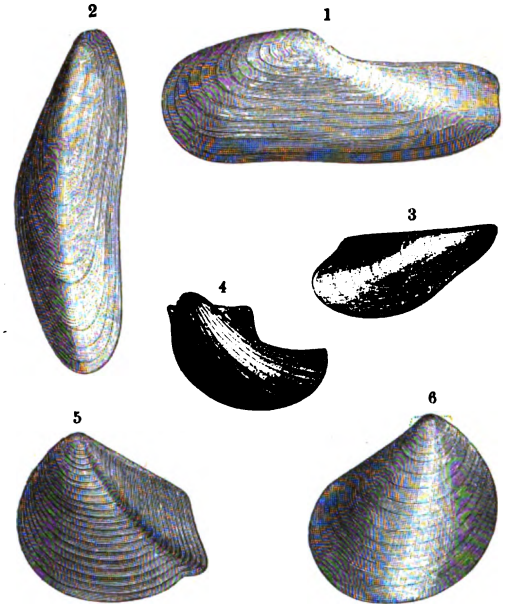
Den obersten Teil des Keupers bildet die rätische Stufe oder die Bonebedgruppe, ein mannigfaltig entwickelter Schichtenkomplex, der bald durch pflanzenreiche Sandsteine, bald durch Sandsteine mit zahlreichen Meeresmuscheln gebildet ist. Dazu gesellen sich graue Thone; bisweilen aber ist die ganze Stufe durch rote Letten vertreten, die sich von jenen des bunten Keupers nicht unterscheiden. Das eigentümlichste und für die Geschichte der Tierwelt wichtigste Glied der Schichtreihe ist das Knochenlager oder, nach dem in der Regel angewendeten englischen Namen, das Bonebed, das bei vollständiger Entwickelung eine wenige Zentimeter dicke Schicht bildet, ein Haufwerk von Quarzkörnern und zahllosen Zähnen, Knochentrümmern, Fischschuppen und Koprolithen (fossilen Kotballen), alles meist von geringer Größe. In manchen Gegenden ist diese Schicht nur schwach angedeutet; aber stärker oder schwächer vertreten findet sich dieser Wirbeltierhorizont in außerordentlich weiter Verbreitung nicht nur in Deutschland, sondern auch in England. Schon vom rein geologischen Standpunkt bietet dieses Vorkommen großes Interesse, da wir vergebens zu erforschen suchen, unter welchen Umständen sich eine so überaus eigentümliche Bildung über so weite Strecken ablagern konnte. Ganz besonders aber sind die Tierreste darin von Bedeutung. Durch isolierte Zähne und Schuppen verraten Fische ihre Anwesenheit; dazu kommen zahlreiche Fragmente von Reptilen, von Ichthyosaurus und anderen, namentlich der älteste Rest eines Flugsauriers. Das wichtigste Vorkommen aber sind die Zähnchen von Säugetieren, die zuerst von Plieninger bei Degerloch unweit Stuttgart gefunden wurden. Nach der spitzhöckerigen Beschaffenheit der Krone verglich er das Fossil (s. Abbildung, oben) mit den Zähnen von Insektenfressern und nannte das Tier Microlestes, den kleinen Räuber. Hierauf wurde in Württemberg ein einzelner neunhöckeriger Zahn, Triglyphus, gefunden (s. Abbildung, unten), der wegen seiner auffallenden Ähnlichkeit mit dem später zu erwähnenden Tritylodon aus der Trias Südafrikas besonders merkwürdig ist. Später lieferte auch die Bonebedgruppe Englands Säugetierreste, und auch in Nordamerika fanden sich solche in einem annähernd übereinstimmenden Niveau. Wir werden diese

Zahn von Triglyphus in natürlicher Größe und in schwacher Vergrößerung, in verschiedenen Ansichten abgebildet. (Nach O. Fraas.)

Digitized by Google

Formen, für deren Beurteilung durch die von H. Seeley eben erst erkannte Zugehörigkeit des Tritylodon zu den Reptilen ein neuer Gesichtspunkt gegeben ist, weiter unten im Zusammenhang besprechen (vgl. S. 188).

Von weit geringerer Bedeutung für die Kenntnis der Tierwelt, aber von um so größerer für die Geologie sind die Meereskonchylien des Bonebedsandsteins. Seit der Lettenkohle war keine über große Strecken ausgebreitete Meeresfauna mehr im außeralpinen Europa erschienen. Hier auf einmal begegnet uns eine allerdings an sich noch immer ziemlich arme und ganz vorwiegend aus Muscheln bestehende Tiergesellschaft, nicht nur in den verschiedensten Teilen Deutschlands, sondern auch in Frankreich, England, Irland und Schweden. Avicula contorta, Gervillia praecursor, Lima praecursor, Myophoria Ewaldi, Anatina praecursor, Modiola minuta, Pecten acuteauritus gehören zu den bezeichnendsten Arten (s. nebenstehende Abbildung).



Rätische Muscheln: 1) Anatina praecursor; 2) Modiola minuta; 3) Gervillia praecursor; 4) Avicula contorta; 5) Myophoria Ewaldi; 6) Lima praecursor, aus dem Bonebedsandstein Württembergs. (Nach Quenstedt.)

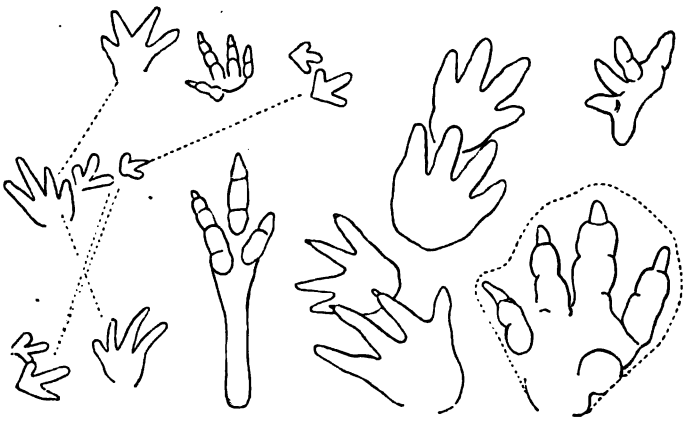
Das größte Interesse gewinnt dieses Vorkommen dadurch, daß sich die Mehrzahl der Arten vollständig übereinstimmend auch in weitester Verbreitung in den Alpen, Karpathen 2c. in einem bestimmten Horizont, in den obersten Schichten der Trias, den Kössener Schichten, wiederfindet. Wie wir sehen werden, hat die alpine Trias vom Muschelkalk an eine von der deutschen Ausbildung durchaus verschiedene Entwickelung genommen, die Fauna beider ist total verschieden und damit auch jeder Versuch einer Parallelisierung einzelner Glieder aus beiden Triasprovinzen sehr erschwert. Als aber gegen Ende der Triaszeit die außeralpinen Regionen wieder dem Fortkommen marinen Lebens günstigere Bedingungen zu bieten begannen, scheint dieses Becken mit dem alpinen in offene Verbindung getreten zu sein und eine Einwanderung der verschiedenen Muschelformen und der wenigen Begleitschnecken stattgefunden zu haben. Im Jahre 1856 erkannten Oppel und Sueß die Übereinstimmung der alpinen mit den außeralpinen Fossilen und der Schichten der Avicula contorta in den beiden Regionen; damit war ein fester Horizont für den Vergleich und die Möglichkeit präziserer Altersbestimmungen unter den Sedimenten der Alpen gegeben: es bezeichnet dieser Nachweis geradezu einen Wendepunkt in der Alpengeologie.

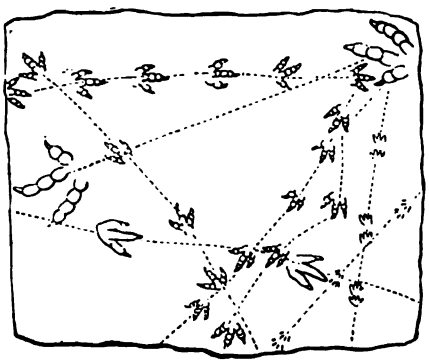
Die deutsche Trias bildet den reichst entwickelten Typus des außeralpinen Europa. In anderen Gegenden sind die Ablagerungen bedeutend reduziert; in England z. B. fehlt der Muschelkalk vollständig, und die ganze Trias besteht aus einer ununterbrochenen Folge von roten Sandsteinen und Mergeln, dem New Red Sandstone. Innerhalb der fortlaufenden Sandsteinentwickelung entspricht ein mittlerer Teil ungefähr dem Muschelkalk; bestimmte Parallelen mit den deutschen Gruppen der Trias lassen sich aber mangels jedweder Vergleichspunkte nicht aufstellen.

Fast ganz fossilleere bunte Mergel scheinen in einem riesigen Teile des europäischen Rußland die Trias zu vertreten. Auch in Nordamerika zeigt die Trias meist die Rotsandsteinent-

Digitized by Google

wickelung. Es fehlen jegliche Spuren von Meeresversteinerungen, so daß nur Strand- und Binnenseen den Ablagerungsraum dieser roten Sandsteine gebildet haben können. Während ferner in Deutschland die vulkanische Thätigkeit in der Triasperiode geruht hat, fanden in Nordamerika mächtige Ausbrüche basischer Eruptivgesteine statt. Eine reiche Flora, deren Übereinstimmung mit den europäischen Formen auffällt, ist in den Schieferlagen der roten Sandsteine begraben, und in manchen Gegenden war die Anhäufung vegetabiler Stoffe so groß, daß weit ausgedehnte und mächtige Kohlenflöze entstehen konnten. In den östlichen Staaten ist die Triasformation in dieser Ausbildung langgestreckt, aber mehrfach unterbrochen von Neuschottland bis Nordcarolina verbreitet: die bekanntesten Stellen ihres Vorkommens sind an den Palissaden des Hudson oberhalb New York und im Thale des Connecticutflusses. In noch größerer Ausdehnung treten rote Sandsteine von annähernd übereinstimmendem Alter im Westen in den Rocky Mountains und in dem weiten Raume zwischen diesen und der Sierra Nevada auf; doch ist hier die Altersbestimmung vielfach mit Schwierigkeiten verbunden und namentlich die Trennung von Jura und Trias nicht immer sicher durchführbar. (S. die beigeheftete Tafel „Trias- und Permablagerungen im Virgenthal, Arizona, Nordamerika".) Noch weiter im Westen findet sich marine Trias von alpinem Typus.





Fährten aus Connecticutsandstein. (Nach Dana.)

Weitaus die merkwürdigsten Reste, die sich in den Triassandsteinen des östlichen Nordamerika gefunden haben, sind einige Säugetierkiefer, die wir weiter unten in Zusammenhang mit anderen Säugetierresten besprechen werden. Hier wollen wir noch eines anderen eigentümlichen Vorkommens gedenken, der Fährten im Sandstein des Connecticutthales. Wir haben im Buntsandstein Deutschlands die seltsamen Spuren von Chirotherium kennen gelernt, und eine ähnliche, nur ungleich großartigere Erscheinung tritt uns in Amerika entgegen. In ungeheurer Mannigfaltigkeit der Form und Größe finden sie sich, von den riesigen Brontozoum-Fährten bis zu denen ziemlich kleiner Tiere; einzelne Riesen sollen eine Schrittweite von fast 4 m erreichen. Eine annähernde Vorstellung von der Vielgestaltigkeit dieser Fußspuren, unter denen man an 100 verschiedene Arten unterschieden hat, mögen die obigen Abbildungen geben; die meisten zeigen drei Zehen, andere vier, einzelne fünf, der Umriß ist wechselnd, und sie gehören offenbar

Digitized by Google

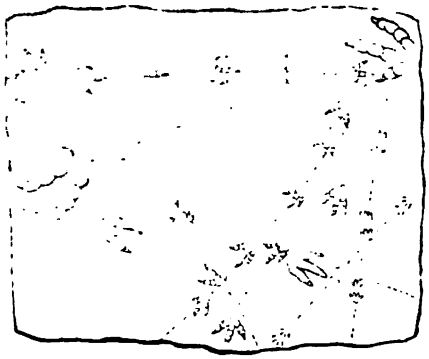
TRIAS- UND PERMABLAGERUNGEN IM VIRGENTHALE, ARIZONA (Nordamerika).

(Nach U. S. A. Geological Survey.)

UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

wickelung. Es fehlen jegliche Spuren von Meeresversteinerungen, so daß nur Strand- und Binnenseen den Ablagerungsraum dieser roten Sandsteine gebildet haben können. Während ferner in Deutschland die vulkanische Thätigkeit in der Triasperiode geruht hat, fanden in Nordamerika mächtige Ausbrüche basischer Eruptivgesteine statt. Eine reiche Flora, deren Übereinstimmung mit den europäischen Formen auffällt, ist in den Schieferlagen der roten Sandsteine begraben, und in manchen Gegenden war die Anhäufung vegetabiler Stoffe so groß, daß weit ausgedehnte und mächtige Kohlenflöze entstehen konnten. In den östlichen Staaten ist die Triasformation in dieser Ausbildung kontinuierlich, aber mehrfach unterbrochen von Neuschottland bis Nordcarolina verbreitet: die bekanntesten Stellen ihres Vorkommens sind an den Palisaden des Hudson oberhalb New York und im Thale des Connecticutflusses. In noch größerer Ausdehnung treten rote Sandsteine von annähernd übereinstimmendem Alter im Westen in den Rocky Mountains und in dem weiten Raume zwischen diesen und der Sierra Nevada auf; doch ist hier die Altersbestimmung vielfach mit Schwierigkeiten verbunden und namentlich die Trennung von Jura und Trias nicht immer sicher durchführbar. (S. die beigeheftete Tafel „Trias- und Permablagerungen im Virgenthal, Arizona, Nordamerika".) Noch weiter im Westen findet sich marine Trias von alpinem Typus.



Fährten aus Connecticutsandstein. (Nach Dana.)

Weitaus die merkwürdigsten Reste, die sich in den Triassandsteinen des östlichen Nordamerika gefunden haben, sind einige Säugetierkiefer, die wir weiter unten in Zusammenhang mit anderen Säugetierresten besprechen werden. Hier wollen wir noch eines anderen eigentümlichen Vorkommens gedenken, der Fährten im Sandstein des Connecticutthales. Wir haben im Buntsandstein Deutschlands die seltsamen Spuren von Chirotherium kennen gelernt, und eine ähnliche, nur ungleich großartigere Erscheinung tritt uns in Amerika entgegen. In ungeheurer Mannigfaltigkeit der Form und Größe finden sie sich, von den riesigen Brontozoum-Fährten bis zu denen ziemlich kleiner Tiere; einzelne Riesen sollen eine Schrittweite von fast 4 m erreichen. Eine annähernde Vorstellung von der Vielgestaltigkeit dieser Fußspuren, unter denen man an 100 verschiedene Arten unterschieden hat, mögen die obigen Abbildungen geben; die meisten zeigen drei Zehen, andere vier, einzelne fünf, der Umriß ist wechselnd, und sie gehören offenbar

Digitized by Google

TRIAS- UND PERMABLAGERUNGEN IM VIRGENTHALE, ARIZONA (Nordamerika).

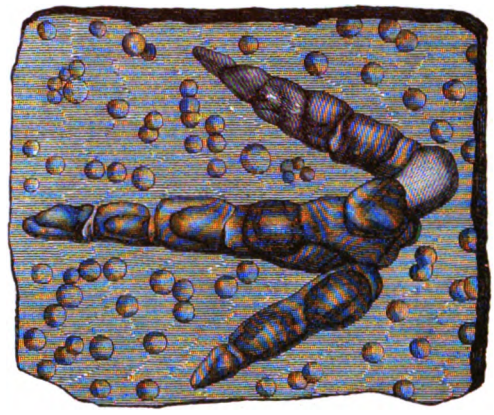
(Nach U. S. A. Geological Survey.)

UNIV. OF MICH.

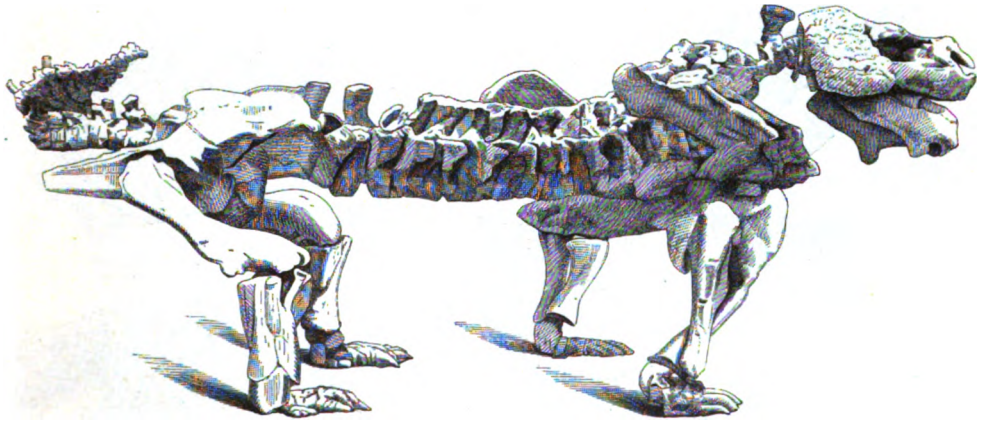
Digitized by Google

Digitized by Google

einer reichen Landbevölkerung an. Die Zahl der gefundenen Exemplare ist groß, in einzelnen Museen werden ihrer mehrere Tausende aufbewahrt. Neben einigen stets vierzähligen Vorkommnissen, die man wohl mit Recht Labyrinthodonten zugeschrieben hat, gehört die große Mehrzahl Geschöpfen an, die auf zwei Füßen gingen. Dies waren meist Reptile aus der formenreichen Gruppe der Dinosaurier, von denen viele einen aufrechten Gang hatten. Nur ganz vereinzelt findet man da und dort auch dürftige Knochenreste jener reichen, im übrigen ganz unbekannten Bevölkerung, und so bietet dieses Vorkommen wieder eins jener Beispiele dar, die so eindringlich für die außerordentliche Lückenhaftigkeit der paläontologischen Überlieferung sprechen. Noch ein anderes sonderbares Vorkommen tritt in jenen fährtenreichen Sandsteinen auf: es sind sehr zahlreiche kleine, runde Vertiefungen in der Oberfläche der Schichten. Die verbreitetste Ansicht darüber ist die, daß es Eindrücke seien, die die Tropfen eines heftigen Regengusses beim Niederfallen auf den weichen Boden hervorbrachten; doch stehen dieser Deutung manche Bedenken gegenüber: die einzelnen Tropfen sind sehr weit voneinander entfernt und unverhältnismäßig groß, und es ist wahrscheinlicher, daß sie durch das Platzen von Gasblasen erzeugt wurden, die sich aus dem durchtränkten Boden frei machten (s. obenstehende Abbildung).



Brontozoum-Fährte und sogenannte fossile Regentropfen, aus dem Connecticutsandstein. (Nach Dana.)



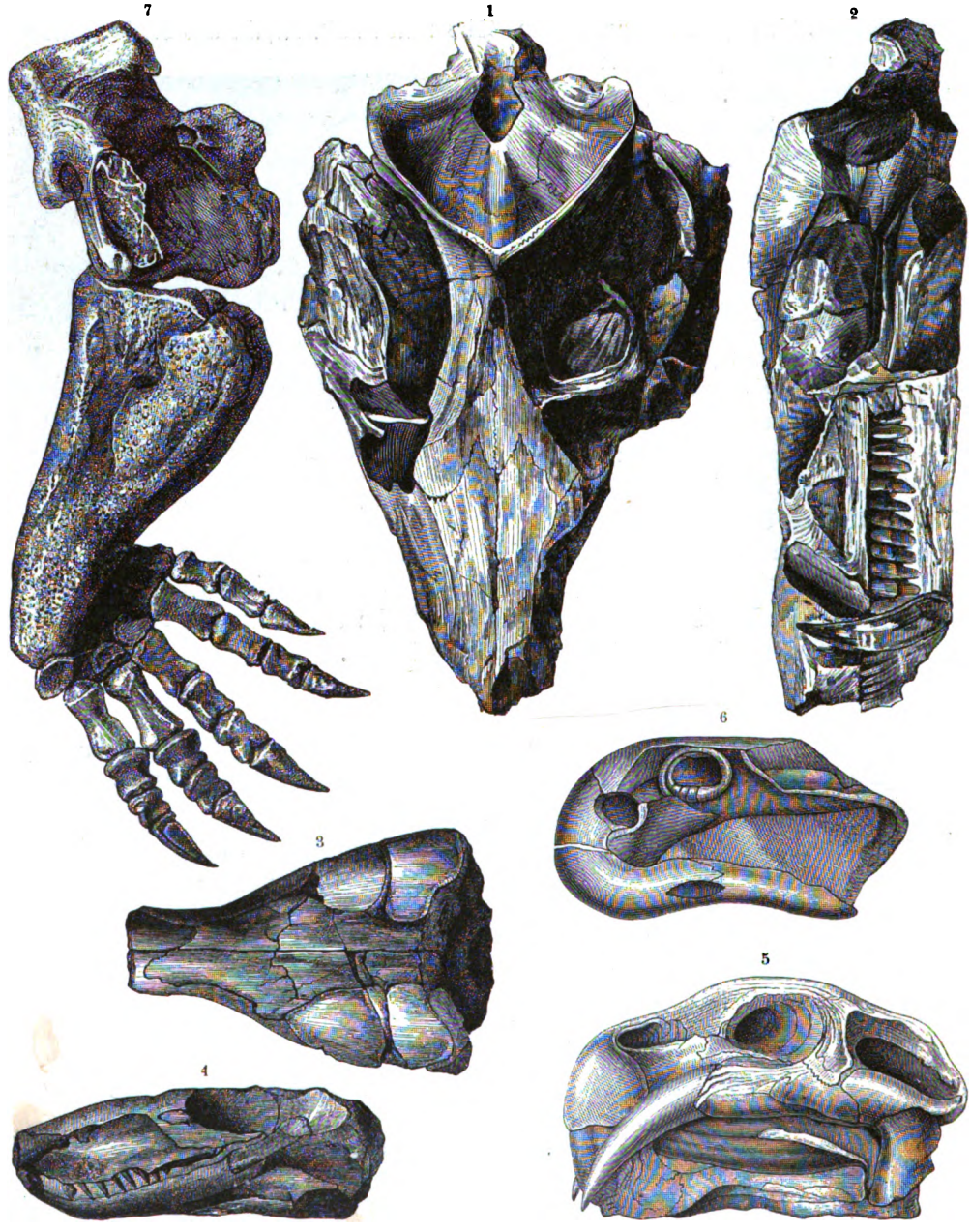
Pareiasaurus Baini aus der Karrooformation (Trias), Bad bei Tamboer Fontein (Kapkolonie). (Nach Seeley.) 1/20 natürl. Größe; wirkl. Größe: 7 Fuß 9 Zoll. Vgl. Text, S. 188.

Wir haben die Sandsteinentwickelung der Trias über eine weite Fläche in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel verfolgt. Eine zweite gewaltige Area treffen wir in weiter Entfernung von dieser ersten. Hier erscheint die Trias ebenfalls in Form von Sandsteinen und Schiefern mit Resten von Landpflanzen, von Fischen, Amphibien und Reptilen; allerdings ist das Aussehen hier ein anderes, die rote Farbe der Gesteine tritt zurück.

In erster Linie sind hier die Ablagerungen der schon mehrfach erwähnten Gondwanaformation Ostindiens zu nennen, deren tiefere Abteilungen, die Talchir- und die Damudaschichten,

Digitized by Google

wir als die Vertreter des oberen Karbon und der Permformation kennen gelernt haben (vgl. S. 159). Als Vertreter der Trias können die höheren Abteilungen des Gondwanasystems, namentlich die



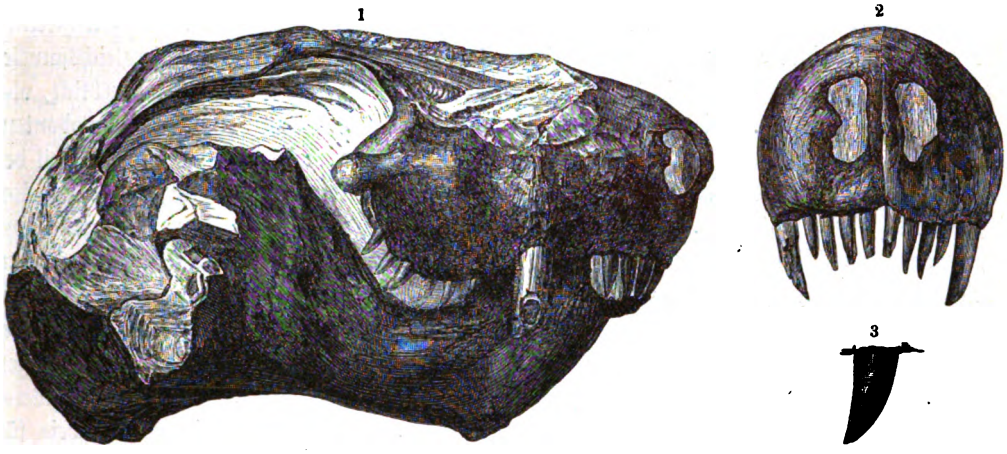
Südafrikanische Anomodonten- und Theriodontenreste: 1) Schädel von Galesaurus, von oben, 2) von der Seite; 3) Schädel von Cynodraco, von oben, 4) von der Seite; 5) Schädel von Dicynodon; 6) Schädel von Udenodon; 7) Arm eines Anomodonten. (Nach R. Owen.) Vgl. Text, S. 188.

Panchetschichten, gelten. Diese bestehen aus grobkörnigen, dickbankigen Sandsteinen, die bisher nur eine ziemlich arme Flora, nahe verwandt mit der der Damudaschichten, geliefert haben; dafür treten einige interessante Wirbeltierformen auf, einige Labyrinthodonten sowie drei Reptile,

Digitized by Google

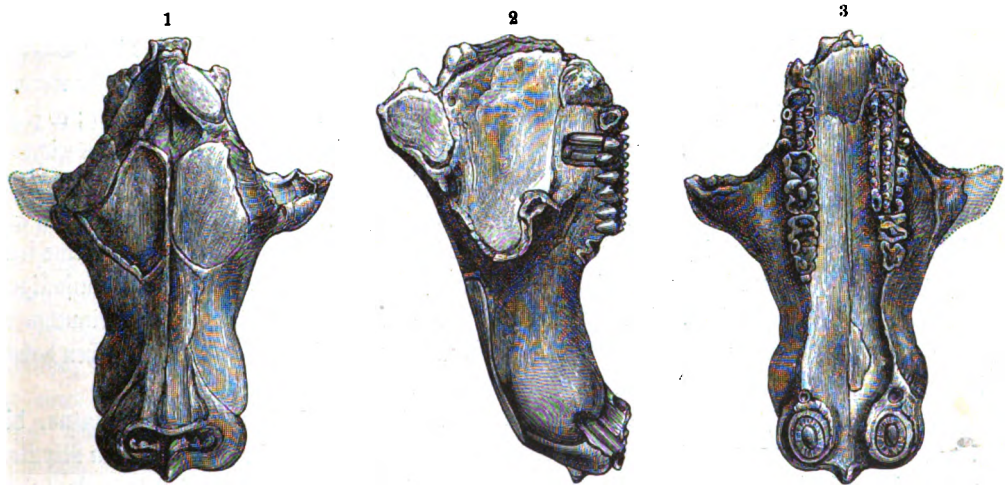
von denen zwei der namentlich in Südafrika verbreiteten Abteilung der Theromorphen, das dritte den Dinosauriern angehört.

In dem Auftreten der Theromorphen erkennen wir einen Hinweis auf die ehemalige Verbindung Indiens mit Südafrika. Zwar kennen wir diese merkwürdigen Reptile auch aus anderen



Südafrikanische Theriodontenreste: 1) Schädel von Lycosaurus, von der Seite, 2) von vorn; 3) einzelner Zahn desselben. (Nach R. Owen.) Vgl. Text, S. 188.

Ländern, aus dem Perm Rußlands, von Texas, Illinois und Neumexiko und aus der Trias von Schottland; aber in Südafrika haben diese Formen doch ihre eigentliche Heimat gehabt und



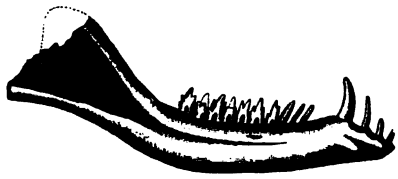
Schädel von Tritylodon, aus der Karrooformation Südafrikas: 1) von oben, 2) von der Seite, 3) von unten. (Nach R. Owen.) Vgl. Text, S. 188.

die mannigfaltigste Gestaltung angenommen. Man findet sie dort hauptsächlich in den der Triasformation zufallenden Beaufortschichten des Karroosystems; selten treten sie in den höher gelegenen Strombergschichten auf, die man gleich den Rajmahalschichten Indiens schon der Juraformation gleichzustellen pflegt.

Unter den Theromorphen muß man mehrere große Gruppen unterscheiden. Leider sind wir nicht über den gesamten Körperbau dieser Tiere hinreichend unterrichtet, da meist nur Schädel in

Digitized by Google

die Sammlungen gelangt sind. Erst in neuester Zeit ist ein vollständiges Skelett ausgegraben worden, das einen Begriff von der überaus seltsamen Allgemeingestalt dieser Reptile zu geben geeignet ist (s. Abbild., S. 185, unten). Allen Formen gemeinsam ist die Verschmelzung der Beckenknochen (Sitzbein und Schambein) zu einem einheitlichen Stück, ferner die Verwachsung des Rabenbeins mit dem Schulterblatt. Diese Eigentümlichkeiten erinnern lebhaft an die Säugetiere, aber auch für die Gestaltung des Oberarms, der Fußwurzel, der Rippen, die Differenzierung des Gebisses gewisser Typen findet man bei den Säugetieren so ausgesprochene Vergleichspunkte, daß die Ansicht E. Copes, der in den Theromorphen die Vorfahren der Säugetiere erblickt, viel Anklang gefunden hat. Die bekanntesten Vertreter der Theromorphen sind die Anomodonten, Udenodon und Dicynodon (s. Abbildung, S. 186), Formen, bei denen der vordere Teil der Kiefer einen schneidenden Schnabel bildet, wie er den Schildkröten eigen ist; bei Udenodon fehlen die Zähne vollständig, bei Dicynodon sind im Oberkiefer zwei mächtige, hauerartig vorspringende, dolchförmige Zähne vorhanden. Abgesehen davon sind die Unterschiede zwischen beiden sehr geringfügiger Natur, so daß man sogar gedacht hat, beide Formen gehörten zusammen, und zwischen ihnen beständen nur Geschlechtsunterschiede: Dicynodon wäre dann das mit kräftigen Hauern bewehrte Männchen, Udenodon das Weibchen gewesen, doch ist ein hinreichender Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung nicht erbracht. Eine zweite Gruppe der Theromorphen, die Theriodontia, vermittelt wegen ihrer eigentümlichen Differenzierung der Zähne die Annäherung an die Säugetiere: im Zwischenkiefer finden sich verhältnismäßig kleinere Zähne, den Schneidezähnen der Säuger entsprechend, dann folgt im Beginn des Oberkiefers dicht neben dem Zwischenkiefer ein kräftiger, stark vorspringender Zahn, der dem Eckzahn analog ist, und hinter diesem steht eine Reihe von Zähnen, die mit Backenzähnen verglichen werden können (s. Abbild., S. 187, oben). Diese sind bei Cynognathus den Raubtieren ähnlich; es fehlt ihnen aber der innere Höcker, der die Backenzähne der Raubtiere und Raubbeutler auszeichnet. Bei derselben Gattung ist der Gelenkkopf des Hinterhauptes bogenförmig gekrümmt und erhält dadurch eine zweiteilige Gestaltung, die vom doppelten Gelenkkopf der Säugetiere nicht wesentlich abweicht. Bei Diademodon ist außerdem die beginnende Teilung der Zahnwurzel durch eine seitliche Furche angedeutet; die breithöckerigen Zahnkronen haben viel Ähnlichkeit mit dem hinfälligen Milchgebiß der Schnabeltiere, die unter den lebenden Säugetieren die tiefste Stelle einnehmen. Schultergürtel und Becken sind monotremenähnlich, und die wichtigsten Extremitätsknochen haben eine Mittelstellung zwischen der Ausbildung bei Monotremen und Beuteltieren.



Dromatherium silvestre, aus der Obertrias von Nord-Carolina, 2½fach vergrößert. (Nach Emmons.) Vgl. Text, S. 189.

Wird durch diese und einige andere Formen, wie Trirachodon, Gomphognatus, die H. Seeley mit den ersterwähnten als Gomphodontier zusammenfaßt, ein Übergang von Reptilen zu den tiefststehenden Säugetieren bewirkt, so gewinnt diese Gruppe noch dadurch ein hohes Interesse, daß H. Seeley auch den unter dem Namen Tritylodon (s. Abbildung, S. 187, unten) bekannten Schädelrest aus der Karrooformation hier einreiht, während man Tritylodon bisher als Säugetier und als Typus der nach der vielhöckerigen Zahnkrone Multituberculata genannten Gruppe der Säugetiere betrachtet hat. In Wirklichkeit weist der Schädel von Tritylodon alle wesentlichen Merkmale eines Theriodontenschädels auf; aber die Zähne mit ihrer breiten, höckerigen Krone und geteilten Wurzel sind wie bei Säugetieren gestaltet. Von Tritylodon ist Triglyphus aus dem schwäbischen Bonebed (vgl. S. 182) kaum zu trennen, und auch Microlestes ist mit diesen Formen verwandt. Anderseits schließen sich an Microlestes die

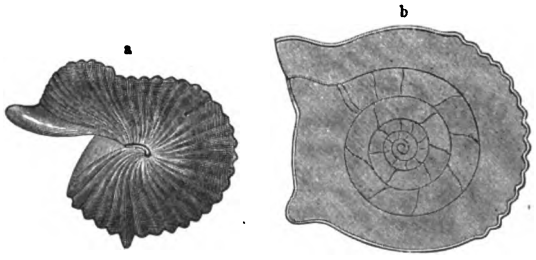
Digitized by Google

Plagiaulaciden aus der Juraformation an, die sich auch noch später in Kreide und Eocän fortentwickeln, und die man mit der Känguruhratte, Hypsiprymnus, also einem Beuteltier vergleicht. Wie sich die übrigen Formen mit multituberculaten Zähnen, die in mesozoischer Zeit ziemlich reich entfaltet, aber nur nach dürftigen Resten bekannt sind, zu den Gomphodontiern der Trias verhalten, läßt sich nicht sicher beurteilen; ebenso ist das Verhältnis zu den Säugetierresten der Trias von Nordcarolina noch dunkel. Diese, Dromatherium und Microconodon, werden als eigene Gruppe meist bei den Beuteltieren untergebracht. Bei Dromatherium sind die Zähne in Schneide-, Eck- und Backenzähne deutlich gesondert (s. Abbild., S. 188); es ist aber in dem Mangel einer klaren Scheidung von Krone und Wurzel ein sehr primitives Merkmal ausgesprochen. Die Backenzähne haben eine eigentümliche Zackenform, die auch manchen Reptilen eigen ist. Sicher ist dagegen, daß durch Tritylodon und die von H. Seeley aus Südafrika beschriebenen Formen die Kluft zwischen Reptilen und Säugetieren überbrückt wird, und daß sich hier Übergangstypen einstellen, die zu Monotremen und Beuteltieren die innigsten Beziehungen haben: ein Ergebnis, das mit den Forderungen der Abstammungslehre in Einklang steht. Daß bei den Theriodontiern oder den Gomphodontiern die Anknüpfungspunkte für die Stammesreihen auch der höheren Säugetiere zu suchen sind, wird man kaum mehr bezweifeln dürfen.

Die alpine (pelagische) Trias.

Die deutsche Trias hat den Ausgangspunkt unserer Betrachtung gebildet; wir haben hier Binnenablagerungen und Bildungen aus beschränkten, wahrscheinlich etwas schwach gesalzenen Meeresbecken kennen gelernt. Bei dem Studium der geschichteten Ablagerungen geben aber mit vollstem Rechte die Meeresbildungen den Typus ab, und mit diesem haben wir uns bis jetzt noch nicht beschäftigt. Unser Weg, der die zuerst untersuchten Gegenden zum Ausgangspunkt machte, hat uns an der hoch marinen Entwickelung der Trias vorbeigeführt.

Die ausgezeichnetste Ausbildung der marinen Trias finden wir in den Ostalpen. Östlich von der Rheinlinie setzen die ungeheuern Kalk- und Dolomitmassen der Trias mächtige Gebirgszüge zusammen; sie bilden die Hauptmasse der nördlichen wie der südlichen Kalkzone, während westlich davon, in der Schweiz und weiterhin in den französischen Alpen, die Trias zurücktritt und in einer Form entwickelt scheint, die sich eher dem mitteldeutschen Typus nähert.



Lobites delphinocephalus: a) Seitenansicht, b) Durchschnitt eines Exemplars. (Nach Hauer.) Vgl. Text, S. 190.

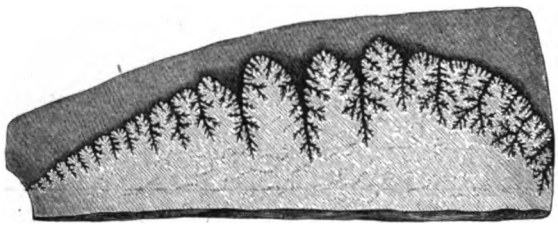
Die hoch marine Entwickelung der Trias ist übrigens nicht auf die Ostalpen beschränkt, sie findet sich in ähnlicher, wenn auch minder reicher Weise in den Karpathen und in Sizilien wieder, dann im Himalaya, auf Timor, in Japan, auf Neukaledonien, Neuseeland und ferner im westlichen Teile Nordamerikas, in Kalifornien, Nevada und Idaho, sowie endlich in Peru. Endlich fehlen auch Vertreter in den nordischen Regionen nicht, in Sibirien und auf Spitzbergen.

Weitaus der wichtigste Charakterzug der pelagischen Trias ist ihr gewaltiger Reichtum an Ammoniten, deren wohl 1000 verschiedene Formen bekannt sind, und wenn auch an Artenzahl der Jura nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse weitaus überlegen zu sein scheint, so können sich doch die späteren Formationen, was Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der Typen betrifft, nicht mit der Trias messen. Die großartigen Arbeiten von Hauer und Mojsisovics lehren

Digitized by Google

uns eine so ungeahnte Fülle weit voneinander abweichender und teilweise paradox geformter Ammonitiden kennen, daß man immer und immer wieder über diese Formenpracht erstaunt. Manche unter ihnen sind in ihrem Lobenbau noch im Goniatitenstadium, wie die seltsam geformten Lobiten (s. Abbildung, S. 189), andere zeigen die einfache Lobenzähnung des Ceratitenstadiums, während die Mehrzahl rings gezackte und verzweigte Suturen aufweist. Ja, seltsamerweise treten gerade hier in der Trias und zwar in deren oberer Hälfte die Ammonitiden auf, die überhaupt den größten Reichtum und die stärkste Komplikation des Lobenbaues haben: Pinacoceras Metternichi und seine Verwandten werden in dieser Beziehung von keiner Form des Jura oder der Kreideformation übertroffen (s. untenstehende Abbildung).

Es ist natürlich nicht möglich, hier auf diese große Formenmenge einzugehen; einige Beispiele müssen genügen. Abgesehen von der ziemlich isolierten Gattung Pinacoceras, die wohl sicher von der paläozoischen Gattung Beloceras abstammt, kann man die Ammoniten der Trias in zwei große Hauptgruppen scheiden, von denen eine mit zahlreichen Loben und vorwiegend glattem Gehäuse ausgestattet ist (Leiostraca Mojsisovics), während die andere wenige Loben und eine meist kräftige Skulptur aufweist (Trachyostraca). Zu jenen gehört z. B. die Gattung Arcestes mit aufgeblasenem, selbst kugeligem Gehäuse (s. Abbildung, S. 191), die Gattung Cladiscites mit spiralig gestreifter Schale, ferner die Phylloceratiden, deren Nachkommen in der Juraformation zu außerordentlichem Formenreichtum gelangen.



Loben von Pinacoceras Metternichi. (Nach Quenstedt.)

Alle diese Typen können als Nachkommen der paläozoischen Prolecanitiden angesehen werden; die Gruppe der Trachyostraca dagegen dürfte wohl auf die paläozoischen Glyphioceratiden zurückgehen. Wie sich die komplizierten Ammonitenloben der letzten Gruppe aus dem einfachen Goniatitenstadium entwickeln, haben wir an einem Beispiel bereits kennen gelernt (vgl. S. 105); in ähnlicher Weise stellte sich dieser Vorgang auch bei anderen Typen ein. Zu den verbreitetsten unter ihnen gehören die Ceratiten, deren ältere Formen (Tirolites, Dinarites) einen noch ziemlich einfachen, deren jüngere einen komplizierteren, ceratitischen Lobenbau erkennen lassen. Ferner sind hierher zu zählen die für die obere Trias bezeichnenden Trachyceraten mit einer Furche auf der Außenseite und einer Skulptur, in der die zahlreichen Rippen in Knotenreihen aufgelöst erscheinen (s. Abbildung, S. 192), endlich die faßartigen Tropiten. Einigermaßen zweifelhaft ist die Stellung gewisser Formen mit einfachem Lobenbau, deren Umgänge die normale Spirale verlassen und unregelmäßige Gestalt annehmen. So bilden viele Formen von Choristoceras eine lose Spirale, deren einzelne Windungen sich nicht berühren, Cochloceras hat ein hochgetürmtes, schneckenartiges Gehäuse, und Rhabdoceras ist gerade, stabförmig gestreckt. Diese unregelmäßigen Formen sind nicht sehr verbreitet. Allein es knüpft sich an deren Auftreten ein eigentümliches Interesse: wir werden sehen, daß sich im Verlaufe der geologischen Geschichte diese Erscheinung bei sehr vielen verschiedenen Stämmen der Ammonitiden wiederholt. In Trias und Jura kommen solche Typen allerdings nur spärlich vor. Es ist, als ob die Natur mißlungene Versuche zur Produktion derartiger Formen gemacht hätte: sie verschwinden rasch wieder, und erst in der Kreidezeit erscheinen sie in ganzen Massen und siedeln sich dauernd an. Natürlich ist die Erklärung solcher Verhältnisse ein schwieriges Problem, das die Aufmerksamkeit des Paläontologen fesselt.

Von anderen Cephalopoden sind die in der paläozoischen Zeit so überaus reichlich vertretenen Nautiliden nur noch in zwei Gattungen vorhanden: die Orthoceren erscheinen in ihren

Digitized by Google

letzten Repräsentanten, und Nautilus, die einzige Sippe, die sich bis auf den heutigen Tag erhält, hat eine große Zahl teilweise durch außerordentlich reiche Skulptur ausgezeichneter Formen. Dazu gesellt sich hier eine neue Abteilung der Cephalopoden, die Belemnitiden, die in der ganzen mesozoischen Zeit und namentlich in Jura und Kreide ganz außerordentliche Wichtigkeit und Verbreitung haben. Die echten Belemniten sind in der Trias bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen; dagegen treten hier zwei andere, nahe miteinander verwandte Sippen auf: Atractites und Aulacoceras. Bei beiden ist eine langgestreckte, gekammerte Schale (Phragmocon) vorhanden, die mit ihrem unteren spitzen Ende in einem keulenförmigen oder kegelförmigen Teil aus lockerem, schwammigem Kalk, dem Rostrum, steckt.

Neben den Cephalopoden treten, wie die neueren Untersuchungen lehren, auch andere Tierformen in der alpinen Trias bedeutungsvoll hervor. So weisen die Gastropoden oder Schnecken eine große Zahl von Arten auf; aber in den bis jetzt näher untersuchten Gegenden haben nur wenige eine etwas größere Verbreitung, die Mehrzahl ist an einigen wenigen Örtlichkeiten angehäuft, unter denen namentlich St. Cassian im Abteithal in der Südtiroler Dolomitregion und Esino am Comersee hervorragen. Eine Anzahl geologisch alter, in der paläozoischen Zeit verbreiteter Typen tritt in der alpinen Trias zum letztenmal auf: die Gattungen Porcellia, Murchisonia, Macrocheilus, Holopella, Loxonema, Conularia ꝛc., aber neben ihnen erscheinen auch die Vorboten der späteren Entwickelung in den ältesten Repräsentanten der Schnecken, bei denen der untere Teil der Mündung in einen Kanal ausgezogen ist. Auch sonst gesellen sich noch viele entschieden moderne Typen dazu, so daß wir auch hier in der Fauna ein Bindeglied zwischen der paläozoischen und der jüngeren Entwickelung und eine neue Bestätigung der Ansicht finden, daß keine Lücke die Tierwelt der mesozoischen von jener der paläozoischen Zeit unvermittelt trennt.

Arcestes intuslabiatus, aus dem Hallstätter Kalk: a) von vorn, b) von der Seite. (Nach Mojsisovics.) Vgl. Text, S. 190.

Wichtiger sind für den Geologen die Muscheln; die überaus flachen, papierdünnen Schalen der Gattungen Halobia und Daonella (s. Abbildung, S. 193) mit eingeschnittenen, vertieften Radiallinien auf der Oberfläche, die ebenfalls flachen, mit erhabener Skulptur versehenen Monotis und Pseudomonotis finden sich oft in zahlloser Menge zusammengehäuft und gehören zu den bezeichnendsten Vorkommnissen von den Alpen bis Neuseeland, von Spitzbergen und den Rändern des Ochotskischen Meeres bis zu den Höhen der südamerikanischen Anden und des Himalaya. Eine andere bezeichnende Sippe ist die schon im Devon vorkommende Gattung Megalodus, überaus dickschalig, mit mächtig entwickeltem Schloß und stark vorspringenden, eingerollten

Digitized by Google

Wirbeln, die in den Alpen zu den häufigsten Vorkommnissen gehört, aber auch in den Karpathen, im Hindukusch und im Himalaya gefunden worden ist. Megalodus ist das charakteristische Fossil für die Massen heller Kalke, die in den Alpen eine so große Rolle spielen. Allerdings sind gut erhaltene Exemplare dieser oft riesigen Muscheln selten. Am häufigsten sieht man an den abgewitterten Felsplatten und -Wänden die herzförmigen Durchschnitte dieser Muscheln, namentlich auf den wilden Kalkhochflächen der Nordalpen, dem Dachsteingebirge, dem Steinernen Meer 2c. Auch den Jägern und Hirten sind diese Dinge wohlbekannt, sie wissen von den „versteinerten Herzen" oder den „Hirschtritten" zu erzählen. Außer diesen findet sich noch eine Unzahl anderer Muscheln, unter denen die Myophorien als auf die Trias beschränkt besonders hervorzuheben sind.

Die Brachiopodenfauna wurde bis vor kurzem für arm gehalten; erst die monographische Bearbeitung von A. Bittner hat den außerordentlichen Reichtum dieser Klasse enthüllt. Die Formen mit spiralem Armgerüst, die ihren Anschluß im Paläozoischen haben, kommen den moderneren Typen ohne Spiralen an Artenzahl ungefähr gleich. Jene lassen eine weitgehende Spezialisierung, eine Zersplitterung in zahlreiche kleinere Unterabteilungen erkennen, ein Zeichen des beginnenden Erlöschens des Stammes. In der That sterben viele dieser Formen noch in der Obertrias, andere im unteren Teile des Jura aus. Von den Gattungen ohne Spiralen erreichen die Rhynchonelliden ihre Blütezeit in der Trias, die Terebratuliden erst in späterer Zeit. So kommt bei den Brachiopoden ein ähnliches Verhältnis wie bei den Gasteropoden zum Ausdruck: Mischung alter, ihre Blütezeit überlebender Typen mit aufstrebenden, modernen Elementen. Es ist dies überhaupt ein Charakterzug, der in mehreren Gruppen der triadischen Tierwelt hervortritt. Auch die Korallenfauna trägt zwar einen mesozoischen Charakter, aber mit den neuen Formen zusammen lebten noch Nachkommen der paläozoischen Tabulaten und Zaphrentiden, und außerdem tauchten bereits die ersten Vorläufer geologisch junger Typen, wie Prographularia, Heterastridium, auf.

Trachyceras Aon, von St. Cassian. (Nach Mojsisovics.) Vgl. Text, S. 190.

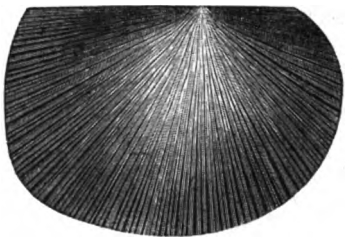
Alle anderen Tierklassen treten gegen die besprochenen weit zurück; die See-Igel sind durch eine Anzahl von Arten der Gattungen Cidaris, Tiarechinus (s. Abbildung, S. 194) und Hypodiadema ausgezeichnet, obwohl sie bis auf einige Vorkommnisse in den höchsten Schichten, wenigstens was gut erhaltene Exemplare anlangt, fast ganz auf eine Lokalität (St. Cassian) beschränkt sind. Der merkwürdige Tiarechinus stellt nach der Anordnung der Interambulacral-Tafeln einen altertümlichen, den Palaechinoiden genäherten Typus dar. Von Crinoiden ist nur die Gattung Encrinus durch vollständige Reste vertreten. Von Asteroiden sind Schlangensterne (Aspidura) aus der Gegend von Raibl bekannt, und endlich sind noch Reste von Schwämmen, Foraminiferen und in größerer Häufigkeit von Radiolarien gefunden worden.

Noch ist es notwendig, einige Worte über die höher organisierten Formen beizufügen. In der oberen Trias von Raibl in Kärnten treten einige Krebse auf; dieselbe Lokalität sowie Seefeld bei Zirl in Nordtirol, Lunz in Niederösterreich und Perledo am Lago di Como haben auch einige schmelzschuppige Fische geliefert. Trümmer der Reptilgattung Nothosaurus, die oben aus dem außeralpinen Muschelkalk genannt wurde, kommen auch in den Alpen vor; zu ihnen gesellen sich einige andere Nothosauriden, wie Partanosaurus, Lariosaurus, Pachypleura und die Gattung Ichthyosaurus, die dann im Jura so große Bedeutung erreicht. Allerdings enthalten die Museen nur wenige, ziemlich schlecht erhaltene Wirbel von Tieren dieser letzteren Sippe; aber vor vielen Jahren ist im alpinen Muschelkalk bei Reifling auf der Grenze zwischen Oberösterreich und

Digitized by Google

Steiermark ein ziemlich vollständiges Skelett gefunden und lange Zeit in dem Kloster zu Admont an der Enns aufbewahrt worden. Es ist aber nie näher untersucht und bei dem großen Brande der prachtvollen alten Abtei vor dreißig Jahren leider mit vernichtet worden.

An einigen Punkten hat die alpine Trias auch Reste von Landpflanzen geliefert. Bei Recoaro, nördlich von Vicenza, enthält der Muschelkalk, bei Wengen der Wengener Schiefer eine große Anzahl von Zweigen eines Baumes aus der Abteilung der Nadelhölzer (Voltzia), der mit den südamerikanischen Araukarien einige Verwandtschaft zeigt. In der oberen Trias kommen namentlich bei Raibl in Kärnten und bei Lunz in Niederösterreich zahlreiche prächtige Pflanzenabdrücke vor, die in ihrem ganzen Typus mit denen des außeralpinen Keupers vielfach übereinstimmen. Außerordentliche Häufigkeit und Verbreitung erreichen in den alpinen Triaskalken marine Pflanzen aus der Abteilung der Kalkalgen, die Dactyloporen, die sich den jetzt lebenden Siphoneen anschließen. Es sind das Algen, bei denen die Stiele eine bald mehr, bald weniger dicke Kalkkruste absondern; diese Kruste wird durch die wirtelförmig um den Stiel gruppierten Seitenäste durchsetzt, und sie umschließt auch kugelförmige Sporangien, Zellen, die die Schwärmsporen der Pflanze enthalten. Wenn nun eine solche Pflanze abstirbt, so werden die organischen Teile, die Stiele, zerstört, die umgebenden Kalkkrusten aber erhalten sich und kommen fossil vielfach vor; ein solcher Rest wird äußerlich die Form eines hohlen Cylinders haben, dessen innere Höhlung dem verschwundenen Stiele entspricht, die Wände des Cylinders werden von geraden Kanälen, die den Seitenästen entsprechen, durchzogen und außerdem in den Wandungen runde Höhlungen zu sehen sein, die die Sporangien umschlossen. Lange Zeit hindurch blieb die wahre Natur dieser sonderbaren Körper durchaus rätselhaft, bis Munier-Chalmas ihre Beziehungen zu den Siphoneen und speziell zu den lebenden Cymopolien nachwies. Solche Versteinerungen finden sich in vielen älteren Formationen, vom Tertiär bis zurück in die Trias, ja bis in das Silur, vor. In der Trias erlangen sie ihre gewaltigste Entwickelung an Mannigfaltigkeit, Größe und Massenhaftigkeit des Vorkommens; ja in manchen Ablagerungen treten sie geradezu felsbildend auf. Durch die Untersuchungen von Gümbel ist eine bedeutende Anzahl von Formen unterschieden worden, unter denen namentlich die Gattung Gyroporella außerordentlich verbreitet ist (s. Abbildung, S. 195).



Daonella Lommeli, aus den Wengener Schichten. (Nach Mojsisovics.)

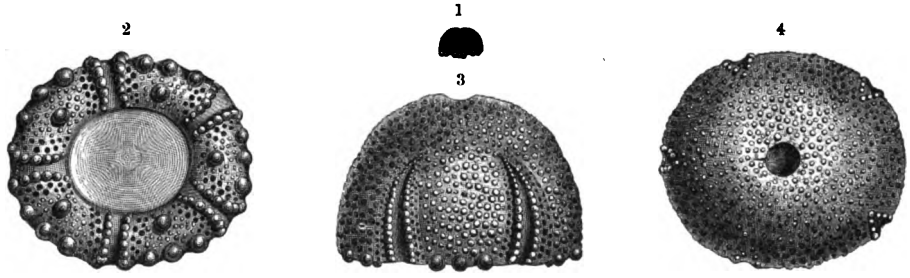
Die Entzifferung der Schichtfolge in den Ostalpen, dem klassischen Gebiet der marinen Trias, bot infolge starker Lagerungsstörungen und eigentümlicher Faciesverhältnisse ungewöhnliche Schwierigkeiten. Heute kann diese Aufgabe in ihren Grundzügen als gelöst betrachtet werden; die Gliederung der alpinen Trias, die vordem so verwickelt erschien, stellt sich jetzt verhältnismäßig einfach dar.

Bevor wir auf die Gliederung in Schichtgruppen näher eingehen, müssen wir vorerst einen flüchtigen Überblick über die Gesamtentwickelung der alpinen Trias zu gewinnen suchen. In vielen Teilen der Alpen wird diese Formation hauptsächlich aus massigen, riffartigen Kalken und Dolomiten zusammengesetzt, die bei ihrer Versteinerungsarmut und von unten bis oben gleichmäßigen Beschaffenheit eine nähere Gliederung gar nicht zuließen, wenn sie nicht in drei Horizonten von Schieferbildungen durchsetzt wären. Eine solche schieferige Ablagerung, der Werfener Schiefer, nach dem Markt Werfen südlich von Salzburg so benannt, bildet die Basis der Formation, eine zweite, die Kössener Schichten, bezeichnet die obere Grenze. Die Werfener Schiefer sind niemals durch eine massigkalkige Bildung ersetzt, die Kössener Schichten selten. Der dritte

Digitized by Google

Schieferhorizont, die Raibler oder Carditaschichten, liegen mitten in der Kalkmasse und gliedern diese in eine untere und eine obere Partie, so daß im allgemeinen folgende Gliederung von unten nach oben gilt: Werfener Schiefer, untere Kalk- und Dolomitgruppe, Raibler Schichten, obere Kalk- und Dolomitgruppe, Kössener Schichten. Nicht so beständig wie die untere und obere Schieferzone erweist sich die mittlere, die bisweilen auch durch kalkige Schichten ersetzt wird, so daß dann die gesamte Trias von den Werfener Schiefern bis an die obere Grenze eine gleichmäßige Entwickelung aufweist und die Gliederung sehr erschwert, ja gänzlich vereitelt. Weitere Komplikationen ergeben sich aus der wechselvollen Ausbildung der einzelnen Hauptgruppen in verschiedenen geographischen Bezirken der Ostalpen.

Nur die tiefste Abteilung, die Werfener Schiefer, sind diesem Wechsel der Facies entzogen; im ganzen Alpengebiet sind sie überall ganz gleichmäßig ausgebildet. Sie bestehen aus einem mächtigen Verband von meist roten, glimmerreichen und sandigen Schiefern. In den höheren Lagen (Campiler Schichten) findet sich eine Anzahl von Ammoniten mit einfachen Ceratitenloben; Tirolites cassianus gilt hier als bezeichnendes Leitfossil. In den tieferen Schichten



Tiarechinus princeps, von St. Cassian in Tirol: 1) in natürlicher Größe; 2—4) vergrößert: 2) von unten, 3) von der Seite, 4) von oben. Vgl. Text, S. 192.

(Seißer Schichten) kommen in großer Zahl, aber stets schlecht erhalten, Zweischaler vor, darunter besonders Pseudomonotis Clarae, Natiria (Naticella) costata, Myophoria costata und Myacites fassaensis. Die letzteren Formen sind auch außerhalb der Alpen bekannt: im obersten Teile des bunten Sandsteins, im Röt. In den Nordalpen, besonders in der Gegend von Berchtesgaden und im Salzkammergut, liegen in den Werfener Schiefern Salz- und Gipsstöcke; dünne Kalk- und Dolomitbänke und Rauhwacken finden sich namentlich in den höheren Teilen dieser Stufe. Das Vorkommen übereinstimmender Muscheln und die Lagerung unter dem Muschelkalk berechtigen uns, die Werfener Schiefer ungefähr dem außeralpinen Buntsandstein gleichzustellen, und da jene auch mit dem Röt in der Gesteinsentwickelung viel Ähnlichkeit haben, so finden wir in dieser Stufe noch ziemlich große Übereinstimmung zwischen beiden Gebieten.

Dasselbe gilt auch noch für gewisse Schichten der unteren Kalkgruppe. In den tieferen Partien dieser Abteilung sind in vielen Gebieten der Alpen, namentlich in den Bayrischen, Nordtiroler und Vorarlberger Alpen, ferner bei Recoaro nördlich von Vicenza, dunkle, deutlich geschichtete Kalke mit wulstigen oder welligen Schichtflächen ausgebildet, die dem außeralpinen Muschelkalk, und zwar seiner unteren Hälfte, dem Wellenkalk, sehr ähnlich sind. Terebratula vulgaris, der häufigste Brachiopode des deutschen Muschelkalks, die charakteristische Spirigera trigonella und eine Anzahl von Spiriferen und Rhynchonellen verbinden den alpinen Muschelkalk, der nach dem Virgloriapaß in Vorarlberg auch die Bezeichnung Virgloriakalk erhalten hat, mit dem deutschen Wellenkalk. Wo aber in den schwarzen Kalken des alpinen Muschelkalkes Cephalopoden vorkommen, ist die Übereinstimmung mit der deutschen Ausbildung etwas geringer; noch mehr schwinden die Beziehungen in den höheren Schichten der Trias. Trotzdem ist man

Digitized by Google

jetzt geneigt anzunehmen, daß nicht nur die Werfener Schiefer dem Buntsandstein, sondern auch die untere Kalkgruppe dem Muschelkalk, die Raibler Schichten der Lettenkohlengruppe, die obere Kalkgruppe dem eigentlichen Keuper entsprechen. Für diese Gleichstellung lassen sich gewisse Wahrscheinlichkeitsgründe vorbringen, die hier zu erörtern zu weit führt. Am ausgesprochensten sind wohl die Beziehungen zwischen der Lettenkohlengruppe und den Raibler Schichten. Nicht nur enthalten beide Ablagerungen einzelne gemeinsame Tier- und Pflanzenreste, sondern es beruht auch ihre Bildung auf demselben Vorgang: Seichterwerden unter teilweiser Aussüßung des Meeres, selbst Trockenlegung des Meeresbodens. Da das alpine Triasmeer mit dem außeralpinen jedenfalls in Verbindung stand, ist es wahrscheinlich, daß dieser Umschwung der Verhältnisse in beiden Gebieten gleichzeitig eintrat und daher die Raibler Schichten in derselben geologischen Periode abgesetzt wurden, wie die Lettenkohlengruppe des Keupers. Natürlich wäre damit auch die Gleichalterigkeit der oberen Kalkgruppe mit dem eigentlichen Keuper, der unteren Kalkgruppe mit dem gesamten Muschelkalk erwiesen. Allein bei dem Mangel übereinstimmender großer Faunen hüben und drüben ist diese Grundlage der Vergleichung doch noch sehr schwankend.

Innerhalb der einzelnen alpinen Schichtgruppen ist die Ausbildung so wechselvoll und von den entsprechenden außeralpinen Ablagerungen so grundverschieden, daß wir jedenfalls genötigt sind, die feinere Gliederung der Alpentrias selbständig durchzuführen.

Gyroporella, aus der alpinen Trias. (Nach Gümbel.) Vgl. Text, S. 193.

Die untere Kalkgruppe beginnt in vielen Teilen der Nordalpen mit schwarzen, weißgeaderten, plattigen Kalken, den Gutensteiner oder Reichenhaller Kalken. Man hat dieses Grenzniveau als ein ziemlich beständiges Glied der Schichtfolge aus Niederösterreich bis nach Tirol hin nachgewiesen. Etwas höher liegt in schwarzen Kalken die schon erwähnte Brachiopodenfauna des deutschen Wellenkalkes, die bisweilen auch von Cephalopoden begleitet wird und die Zone des Ceratites binodosus bildet. Eine noch höhere Stufe nimmt die Cephalopodenfauna des Ceratites trinodosus ein, die namentlich bei Reutte fossilreich entwickelt ist. Nicht überall sind aber diese beiden Horizonte gut zu unterscheiden. Versteinerungen sind in diesen dunkeln Kalken zumeist nur selten vorhanden, und in manchen Gegenden, wie in den niederösterreichischen Alpen, sind über den Gutensteiner Kalken bis an die Basis der Carditaschichten einförmige dunkle, seltener rötlichgraue Kalke (Reiflinger Kalke) entwickelt, die bei Groß-Reifling die Cephalopoden der Zone des Ceratites trinodosus in größerer Anzahl einschließen. Im Westen, namentlich in Vorarlberg und Liechtenstein, wird die Stellung über dem Virgloriakalk bis an die Basis der Raibler Schichten von grauschwarzen, zerklüfteten Mergeln und knolligen, hornsteinführenden Kalken eingenommen, den Partnachschichten: ebenfalls eine einförmige Zusammensetzung der unteren Kalkgruppe. Die Partnachschichten sind zwar nicht reich an Versteinerungen; doch finden sich überall bezeichnende Formen, wie Halobia Lommeli, Koninckina Leonhardi, verschiedene Ammoniten und Brachiopoden, zum Teil in denselben Arten, die in den südalpinen Cassianer Schichten vorkommen. Bemerkenswert ist das Vorhandensein von Saurierresten in diesen Schichten.

Etwas mannigfaltiger ist die Zusammensetzung der unteren Kalkgruppe im mittleren Teil der Ostalpen, wo die Partnachmergel weniger mächtig sind als in Vorarlberg, aber von massigen oder undeutlich geschichteten weißen Kalksteinen, die nach dem Wettersteingebirge den Namen Wettersteinkalk erhalten haben, überlagert werden. In ungeheuern Felswänden bricht das bis zu 1000 m mächtige Gestein im Gebirge ab und setzt viele der schroffen, wildgezackten Gipfel der nördlichen Kalkalpen zusammen. Fast stets ist der Wettersteinkalk arm an Versteinerungen; günstig angewitterte Flächen lassen erkennen, daß die Gesteinsmasse ganz aus den kleinen Röhrchen von Gyroporellen (s. obenstehende Abbildung) besteht, jenen Kalkalgen, deren wir im

Digitized by Google

vorhergehenden als Gesteinsbildner gedacht haben; Korallen nehmen an diesen Riffkalken nur einen, wie es scheint, unwesentlichen Anteil. Meistens ist übrigens die organische Struktur des Gesteins, ähnlich wie an Korallenriffen, gänzlich verwischt; und man findet deshalb auch nur selten andere Versteinerungen. Doch sind Stielglieder von Encrinus, Brachiopoden mit Muschelkalkcharakter, turmförmige Schnecken und auch einzelne Ammoniten nachgewiesen worden.

Auch diese Rifffacies kann in einzelnen Gebieten in kalkiger oder dolomitischer Form zur ausschließlichen Herrschaft gelangen, man beobachtet den Wettersteinkalk nicht nur in der Stellung zwischen der Virgloriagruppe bis an die Basis der Cardita- oder Raibler Schichten, sondern in manchen Gegenden, wie im Mürzthalgebiet und in den Ennsthaler Hochalpen, setzen unmittelbar über den Werfener Schichten Kalke und Dolomite ein, die bis zu den Carditaschichten eine untrennbare, einheitliche Masse bilden und dadurch die größte Einförmigkeit der Zusammensetzung der unteren Kalkgruppe bedingen. Übrigens sind die Angaben über das Herrschen einer Facies in einem bestimmten Gebiet nicht absolut wörtlich zu nehmen, denn selbst in solchen Gegenden, wo nur eine Facies herrscht, konnten doch da und dort wenigstens Spuren jener Ablagerungen nachgewiesen werden, die gleichzeitig in benachbarten Gebieten entstanden sind. So sind an manchen Örtlichkeiten der niederösterreichischen Kalkalpen die vordem ganz unbekannten und hauptsächlich weiter im Westen entwickelten Partnachschichten aufgefunden worden, ein Beweis, daß trotz aller Verschiedenheit im einzelnen die Entwickelung der Formation im großen und ganzen überall denselben Gang genommen hat.

Diese Thatsache kommt namentlich in der auffallenden Gleichartigkeit des nächsten Haupthorizontes, der Cardita- oder Raibler Schichten, deutlich zum Ausdruck. Überall stellen sich in diesen Schichten Erscheinungen ein, die auf ein Seichterwerden des Meeres schließen lassen. Unter den Versteinerungen herrschen die schlamm- und sandliebenden Bivalven vor, die Schichten selbst bestehen vorwiegend aus mechanischem Sediment, und ganz allgemein finden sich Einschaltungen von Landpflanzen. Am ausgeprägtesten ist dieser Charakter in den niederösterreichischen Alpen; hier entwickelt sich über schwarzen Schiefern mit Halobia rugosa (Reingrabener Schiefer) eine mächtige Folge von Sandsteinen, die nicht nur eine reiche Keuperflora, sondern selbst abbauwürdige Kohlenflöze enthalten. Die Analogie mit der Lettenkohlengruppe des deutschen Keupers springt in die Augen, und schon vor Jahren sah sich D. Stur dadurch veranlaßt, dieses als Lunzer Sandstein bezeichnete Schichtsystem mit der Lettenkohlengruppe als gleichalterig hinzustellen. Daß gerade in dieser Gegend eine den deutschen Binnenablagerungen so nahestehende Bildung entstanden ist, wurde nicht mit Unrecht der Lage nahe dem Südrande des böhmischen Massivs zugeschrieben. Eine leichte negative Verschiebung der Strandlinie (vgl. Bd. I, S. 398) des Triasmeeres mußte in der Nähe dieses uralten Festlandes gesteigerte Wirkungen hervorbringen. In teilweise ausgesüßten Sumpfregionen entstanden Kohlenflöze, und auch das Vorkommen des Lurchfisches Ceratodus (vgl. S. 180) weist auf die Nähe des Festlandes hin. Freilich gewann das Meer bald wieder die Oberhand, es entstanden gelbe und graue Mergelkalke und Dolomite (Opponitzer Kalke) mit einer echt marinen Fauna, deren Beziehungen zu den oberen Raibler Schichten der Südalpen eng sind. In anderen Teilen der Nordalpen wird dieser Horizont unter dem Gesamtnamen der Carditaschichten zusammengefaßt, so benannt nach der scharfrippigen, kleinen Muschel Cardita Guembeli. Auch in diesen Schichten sind die Bivalven von Raibl verbreitet; nach oben schalten sich stets mehr oder minder mächtige Kalkbildungen ein, bis schließlich in der oberen Kalkgruppe die Rifffacies wieder zur Herrschaft gelangt.

Hauptdolomit und Dachsteinkalk sind die Bezeichnungen für die wichtigsten Bildungen dieser Gruppe. Der Ausdruck „Rifffacies" ist vielleicht nicht ganz zutreffend; denn es handelt sich bei diesen Gesteinen zwar um mächtige, bis 1000 m anschwellende Kalkmassen, die bisweilen

Digitized by Google

nach Art der Korallenriffe isoliert erscheinen, im großen und ganzen aber doch eine weit ausgebreitete, oft deutlich geschichtete Decke bilden. Das Material dieser Gesteine ist rein organogen: Kalkalgen und in zweiter Linie Korallen und andere Tierformen haben diese Massen aufgebaut, in denen eine strenge Scheidung von Kalkstein und Dolomit ebenso wenig durchführbar ist wie die Sonderung der geschichteten und ungeschichteten Partien. Die weiten Algenfelder und Korallenrasen des Dachsteinkalkes waren offenbar die Stätte eines reichen Tierlebens; es ist uns aber nur wenig davon überliefert. Am häufigsten trifft man die großen, schwerschaligen Megalodonten und turmförmige Schnecken an, die Spuren der übrigen Formen wurden bei der Diagenese des Gesteins größtenteils verwischt. Schwerschalige Mollusken, Algen- und Korallenrasen bedingen wenig tiefes Meer als Bildungsraum; da aber die Schichten der oberen Kalkgruppe von unten bis oben dieselbe Zusammensetzung zeigen, mußte die Ablagerung unter allmählicher Senkung des Meeresbodens vor sich gegangen sein. Wie der Wettersteinkalk der unteren Kalkgruppe, so nehmen auch diese Bildungen einen hervorragenden Anteil an der Zusammensetzung der alpinen Kalkgebirge, namentlich jener mächtigen Kalkhochflächen mit steilen, wildzerklüfteten Wänden und unregelmäßig welliger Oberfläche, jener Felswüsteneien im südlichen Teil der Kalkzone, wie das Steinerne Meer, das Dachsteinplateau, das Tote Gebirge ꝛc.

Das höchste Niveau der alpinen Trias stellen die rätischen Ablagerungen (Zone der Avicula contorta) dar. Am häufigsten sind sie als thonige Kalke mit Mergeln und Schiefern, als sogenannte Kössener Schichten, die eine reiche Fauna von Muscheln, Schnecken und Brachiopoden enthalten, entwickelt; die Ammoniten treten dagegen in den Hintergrund, einige Formen unter ihnen erinnern noch an triadische Typen, andere sind Vorläufer jurassischer Vorkommnisse, aber die erstere Kategorie wiegt vor. Zu ihr gehören die häufigsten und bezeichnendsten Arten, die Vertreter der Gattung Choristoceras, Formen mit einfachen, ceratitischen Loben, bei denen sich die einzelnen Windungen voneinander loslösen. Unter den Brachiopoden treten einige Formen, die in der paläozoischen Zeit ihre Hauptverbreitung haben, zum letztenmal auf, z. B. Spirigera und Retzia; unter den Muscheln finden wir bei größerer Reichhaltigkeit der Fauna alle jene Formen wieder, die in der deutschen Trias als die Leitfossile des Bonebedsandsteins bekannt sind und Oppel und Sueß den Nachweis von dessen Gleichalterigkeit mit den Kössener Schichten ermöglicht haben.

Nicht immer lassen sich die Kössener Schichten von den tieferen Triasschichten scharf absondern; sie sind oft auch in Form von korallenreichen Kalken (Lithodendronkalkstein) und plattigen Dachsteinkalken entwickelt und innig mit den tieferen Dachsteinkalken verbunden. Nur da, wo die Brachiopoden der rätischen Stufe in dünnen, oft rot gefärbten Lagen oder Linsen zwischen Dachsteinkalkbänken auftreten, ist auch in den Riffkalkmassen eine Orientierung möglich.

Mitten zwischen den versteinerungsarmen, bis an 2000 m mächtigen Riffmassen der Wetterstein- und Dachsteinkalke liegen im Salzkammergut, Oasen gleich, kleine Partien von roten, gelblichen oder grauen marmorartigen Kalken, die durch einen außerordentlichen Reichtum an Versteinerungen ausgezeichnet, aber nur bis zu höchstens 200 m mächtig sind. Aus diesen Schichten, der Hallstätter Entwickelung der Trias, stammen jene formenreichen und prächtig erhaltenen Cephalopoden und anderen Versteinerungen, die wir eingangs besprochen und die der alpinen Trias seit jeher ein hervorragendes Interesse gesichert haben. Während also in großen Teilen der Nordalpen zur Triasperiode mächtige Riffkalke in die Höhe wuchsen, lagerte sich dazwischen in tieferem Meere Kalkschlamm mit vielen Cephalopodengehäusen, Halobien- und Monotisschalen, einzelnen Gastropoden und Korallen ab. In den oberen Horizonten dieser Bildung schalten sich auch thonige und mergelige Kalkbänke von schwarzgrauer Farbe mit Hornsteinbändern ein, die Brachiopoden der Gattung Halorella herdenweise einschließen und wieder in anderen Bänken von Korallen strotzen. Diese Zlambachschichten enthalten die Versteinerungen bankweise und in

Digitized by Google

ziemlich gleichmäßiger Verbreitung, wie dies gewöhnlich der Fall ist, die roten Hallstätter Kalke dagegen nur in einzelnen, oft nur wenige Meter großen Linsen oder Nestern.

Natürlich mußte es bei der Faltung einer so eigentümlichen Formation, wo überaus mächtige, spröde Kalkmassen unmittelbar in dünngeschichtete Partien von fast verschwindender Mächtigkeit übergehen, zu vielen Brüchen und großen Dislokationen kommen, und dieser Umstand sowie das schwarmförmige Auftreten der Versteinerungen in den Hallstätter Kalken erschwerte in außergewöhnlichem Grade die Feststellung der Faunenfolge. Trotzdem ist es den Bemühungen von E. v. Mojsisovics gelungen, die Reihenfolge der paläontologischen Zonen nachzuweisen. Es hat sich gezeigt, daß die Facies der roten Hallstätter Kalke schon im Muschelkalk beginnt. Dies ist namentlich in der Gegend der Schreyeralpe bei Gosau der Fall, und merkwürdigerweise tritt dieselbe außerordentlich fossilreiche Ausbildung des Muschelkalkes auch in der Gegend von Sarajewo in Bosnien auf. Das Niveau der Raibler oder Carditaschichten wird im Hallstätter Kalk durch die zwei Zonen des Trachyceras Aonoides und des Tropites subbullatus vertreten, während die Hauptmasse der Hallstätter Kalke mit den Zlambachschichten als Äquivalent der oberen Kalkgruppe, des Dachsteinkalkes und Hauptdolomits erkannt wurde.

Übrigens stehen die cephalopodenreichen Marmorkalke nicht ohne jedwede Beziehungen den Riffkalken gegenüber; namentlich A. Bittner konnte zeigen, daß die Dachsteinkalke hier und da in einzelnen Schwärmen Hallstätter Cephalopoden enthalten. Während sich am Fuße der mächtigen Korallen- und Kalkalgenriffe in tiefem Meere Kalk und Kieselschlamm mit Cephalopodengehäusen anhäufte, mochten zeitweilig Schwärme von Cephalopoden an den Kalkriffen gestrandet sein. Durch diese Funde war nicht nur die Gleichalterigkeit des oberen Teiles der roten Hallstätter Kalke mit dem Dachsteinkalk direkt erwiesen, sondern es war dieser merkwürdigen Fauna ein viel weiteres Verbreitungsgebiet erschlossen. Früher mußte man glauben, die Hallstätter Ammoniten seien auf den kleinen Bezirk des Salzkammergutes beschränkt. Dies war aber mit den Vorstellungen von der freischwimmenden, meerbeherrschenden Lebensweise dieser Tiere schlecht vereinbar, und deshalb sah man sich sogar zu der Annahme einer eigenen zoogeographischen Provinz, der juvavischen (nach Juvavum, dem römischen Namen für Salzburg), für das kleine Salzkammergut genötigt. Jetzt kennt man die Hallstätter Kalke auch aus den Südalpen (Croda Grande in den Ampezzaner Alpen, Mte. Clapsavon in Friaul und gewisse Bildungen über dem Spizzekalk in Recoaro); und mit der Zeit werden immer mehr derartige Vorkommnisse aus dem Dachsteinkalk und wahrscheinlich auch aus dem Wettersteinkalk zu unserer Kenntnis gelangen.

Mit dem Fallen der Schranken, mit denen man früher die juvavische Region umgeben mußte, ist eine neue Basis für die Beurteilung der paläontologischen Entwickelung der Triasfauna gewonnen worden. Auch die engen Beziehungen der nord- und südalpinen Trias treten nun deutlicher hervor als vordem. Auch in den Südalpen ist die obere Kalkgruppe allgemein durch Hauptdolomit und Dachsteinkalk vertreten; ebenso ist die Übereinstimmung mit der tieferen Stufe, den Raibler Schichten, sehr groß, ja in manchen Teilen der Südalpen herrscht geradezu die nordalpine Entwickelung dieser Stufe in Form der Carditaschichten. So erscheinen im nördlichen Gailthaler Gebirge und in den nördlichen Karawanken dunkle Thonschiefer mit Halobia rugosa und Carnites floridus, und Kalke mit Cardita Guembeli und Corbis Mellingi in genau derselben Beschaffenheit wie in den Nordalpen. Aber auch die eigentlichen Raibler Schichten sind ganz ähnlich gestaltet. Zu unterst liegen schwarze, bituminöse Schiefer mit Fischresten und Korallenbänke, die wohl den Cassianer Schichten entsprechen und die Grenzbildung gegen die untere Kalkgruppe vorstellen. Dann folgen die Raibler Schichten im engeren Sinne, schieferige Lagen mit Myophoria Kefersteini und Solen caudatus, mit Joannites Joannis Austriae und Megalodontenbänke. Die obere Partie der Raibler Schichten endlich (Torer

Digitized by Google

Schichten) bilden das Hauptlager der Astartopis Rosthorni, Myophoria Whateleyae, Odontoperna Bouéi, Ostrea montis caprilis und des Pecten filosus und werden den Opponitzer Kalken der Nordalpen gleichgestellt. Auch in den echten Raibler Schichten herrscht also wie in den Carditaschichten die Bivalvenfacies vor; eine Ausnahme davon bilden nur die lokal entwickelten roten Schlernplateau-Schichten in Südtirol mit ihren zahlreichen Schnecken. Die Übereinstimmung erstreckt sich sogar auf das Vorhandensein von Landpflanzen, den Lunzer Sandsteinen der Nordalpen sind in den Südalpen die Voltziaschiefer bei Raibl an die Seite zu stellen. Aus der Lombardei können die Raibler Schichten bis an das Ostende der Südalpen als eine nur geringen

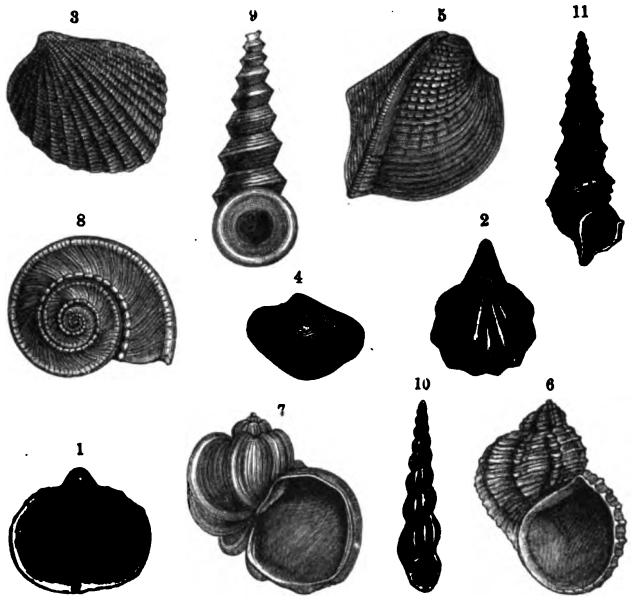
Der Schlern bei Bozen. (Nach Photographie.) Vgl. Text, S. 200.

lokalen Schwankungen unterworfene Schichtgruppe verfolgt werden, und überall scheiden sie mit bemerkenswerter Schärfe die obere von der unteren Kalkgruppe.

Diese nun weist in den Südalpen die mannigfaltigsten Faciesbildungen auf; auch darin spricht sich eine Ähnlichkeit mit den nordalpinen Verhältnissen aus. In keinem Gebiete der Ostalpen aber ist diese Buntheit der Facies schärfer und großartiger entwickelt als in der Dolomitregion der Südalpen, die sich im Osten des Etsch- und Eisackthals und im Süden des Pusterthals ausbreitet. Dieses Gebiet gewinnt noch besonderes Interesse durch das Auftreten bedeutender Eruptivmassen von Augitporphyr ꝛc., die während der Ablagerung der Triasbildungen ausbrachen: in ausgebreiteten Decken schieben sie sich zwischen die Bänke der Sedimente ein, und deren regelmäßig geschichtete, oft versteinerungsreiche Tuffe spielen eine bedeutende Rolle in manchen Horizonten. Seit Leopold v. Buch hat diese merkwürdige Gegend die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen, ihr sind die Arbeiten v. Richthofens und einer Reihe von späteren Forschern gewidmet, und namentlich Mojsisovics hat eine eingehende Darstellung davon gegeben.

Digitized by Google

Unter allen Teilen der Kalkalpen ist diese Gegend durch ihre wunderbare und eigentümliche landschaftliche Schönheit ausgezeichnet. Schroffheit und wilde Zerrissenheit der gewaltigen Kalk- und Dolomitberge, die phantastischen Zacken, Obelisken und Mauern, in denen sie aufragen, kontrastieren in herrlicher Weise mit den tief eingesenkten, grünen Paßhöhen und Grasrücken, und die Vereinigung und gegenseitige Durchdringung dieser gegensätzlichen Elemente verleiht der Region ihren eigenartigen Reiz, sie bewirkt gleichzeitig die leichte Zugänglichkeit des ganzen Gebietes, so daß dasselbe seit Jahren zu einem Lieblingsziel der Alpenwanderer geworden ist. Diese Eigenschaften hängen aufs innigste mit der herrschenden Entwickelung der Triasbildungen zusammen; der starke Wechsel zwischen kalkiger und mergeliger Ausbildungsweise fördert eine Zerlegung der Hochregion in einzelne Bergstöcke und bewirkt die Einschiebung der sanfteren, vegetationsreichen Partien. Diese Lagerung der Schichten weicht in dem ganzen Gebiet verhältnismäßig wenig von der Horizontalen ab, größere Faltungen fehlen, dagegen sind zahlreiche bedeutende Verwerfungen vorhanden, die ansehnliche Höhenunterschiede bedingen.



Cassianer Fossile: 1) Koninckina Leonhardi; 2) Retzia Laubei; 3) Cardita crenata; 4) Nucula lineata; 5) Myophoria decussata; 6) Neritopsis ornata; 7) Naticella striatocostata; 8) Pleurotomaria radians; 9) Cochlearia carinata; 10) Gonlogyra armata; 11) Promathildia subnodosa. Fig. 3, 4, 9 in natürlicher Größe, alle andern vergrößert. (Nach Laube.) Vgl. Text, S. 201.

Die geologische Orientierung in diesem herrlichen Hochgebirge wird durch die Raibler Schichten wesentlich erleichtert: wie eine gleichmäßige Decke breiten sich diese Bildungen über der so verschiedenartig gegliederten unteren Kalkgruppe aus und tragen die mächtigen Felsmassen des Hauptdolomits und Dachsteinkalkes. Unter den Raibler Schichten liegt zunächst der Schlerndolomit, in jeder Beziehung ein Seitenstück zum Wettersteindolomit der Nordalpen (s. Abbildung, S. 199). Nur äußerst selten findet man in dieser 100—1000 m mächtigen Gesteinsmasse Versteinerungen; öfter erscheinen sie da, wo der Schlerndolomit kalkig wird oder ganz den Charakter von Kalkstein annimmt, wie an der Marmolata. Die Fauna: Gastropoden, Bivalven, Brachiopoden, Cephalopoden, enthält viel mehr mit dem Muschelkalk gemeinsame Formen, als bisher angenommen wurde, was mit der Annahme, daß die untere Kalkgruppe dem gesamten Muschelkalk entspricht, gut übereinstimmt. In der Lombardei hat man diese bisweilen außergewöhnlich versteinerungsreiche Bildung Esinokalk genannt. Im echten Schlerndolomit kommen hier und da Spuren von Korallen vor. Man könnte aber daraus kaum auf die Riffnatur dieser Gesteinsmassen schließen, wenn nicht das geologische Vorkommen eine Bestätigung dafür böte. So wie in den Nordalpen Wettersteinkalk und Partnachschichten gleichzeitige Bildungen sind, so entstanden in den Südalpen zugleich mit dem Schlerndolomit aus den Ausbruchsmassen der Vulkane tuffreiche Mergel und Tuffe, die Cassianer und Wengener Schichten, die sich an gewissen Stellen des Triasmeeres anhäuften, während an anderen Schlerndolomit gebildet wurde. Die normale Begrenzung der

Digitized by Google

Schlerndolomitriffe ist nach E. v. Mojsisovics eine „steil gegen außen abfallende, daher gegen oben zurücktretende Fläche". Daran lagern sich nun die Tuffe an; oft ist auch ein zackenförmiges Ineinandergreifen der beiden Facies zu beobachten (s. Abbildung, Bd. I, S. 52). An Stellen, wo die für Korallenriffe bezeichnende Übergußschichtung sichtbar wird (vgl. Bd. I, S. 622), löst sich die Dolomitmasse in ein Haufwerk von Blöcken auf, wie das auch an jungen Korallenriffen vorzukommen pflegt; Ausläufer des Riffes greifen zwischen die Bänke der weichen Wengener und Cassianer Schichten ein, zwischen denen sie sich in einiger Entfernung vom Riffe verlieren.

Diese „Cipitkalke", wie man sie nach dem Vorkommen in der Nähe der Cipithütten auf der Seißer Alpe am Fuße des Schlern genannt hat, zeigen nun eine Menge von Fossilresten, die in den Dolomitmassen so spärlich vorhanden sind, und zwar große Korallenstöcke, die oft das ganze Gestein erfüllen; dazu gesellen sich zahlreiche Bruchstücke von See-Igeln und Crinoiden. Daraus dürfen wir wohl den Schluß ziehen, daß der Schlerndolomit in der That eine echte Riffbildung ist. Ob man auch Kalkalgen einen Anteil an der Entstehung des Schlerndolomits zuschreiben darf: er sollte wie der Wettersteinkalk gebildet worden sein, dafür liegen keine Anhaltspunkte vor.

Nordalpen		Stufenbezeichnung	Südalpen	
Kössener Schichten und Dachsteinkalk		V. Rätische Stufe Zone der Avicula contorta	Kössener Schichten und Dachsteinkalk	
Plattenkalk, Dachsteinkalk und Hauptdolomit, Korallenrifffkalk mit Einlagerungen von Hallstätter Kalk.	Hallstätter Entwickelung mit cephalopodenreichen Einschaltungen, Zlambach-Schichten.	IV. Juvavische Stufe nach E. v. Mojsisovics, Norische Stufe nach A. Bittner	Dachsteinkalk und Hauptdolomit	
Carditaschichten, Lunzer Sandstein, Opponitzer Kalkstein.		III. Karnische Stufe	Raibler Schichten Carditaschichten	
Wettersteinkalk, Partnachschichten mit Cassianer Fauna, Reiflinger Kalk. Cephalopoden von Groß-Reifling und Reutte (Zone d. Ceratites trinodosus). Gutensteiner und Reichenhaller Kalk.	Wettersteinkalk und Dolomit	IIb. Norische Stufe nach E. v. Mojsisovics, Ladinische Stufe nach Bittner. IIa. Virgloria- oder Recoaro-Stufe.	Kalk- und Dolomitriffe.	Schlerndolomit, Esinokalk, Cassianer Schichten, Wengener Schichten, Buchensteiner Kalke. Prezzokalk (Zone des Ceratites trinodosus). Unterer fossilarmer Muschelkalk, nach oben abschließend mit der Zone des Ceratites binodosus.
Werfener Schiefer		I. Buntsandstein	Werfener Schiefer	

Die dem Schlerndolomit entsprechenden Cassianer und Wengener Schichten enthalten eine Menge von Versteinerungen: die schlammig-sandigen Gründe der Tuffgebiete scheinen günstige Bedingungen für ein reiches Tierleben geboten, es aber eigentümlich beeinflußt zu haben. Es ist nämlich eine erstaunliche Fülle kleiner, reichverzierter Schnecken, die in den Cassianer Mergeln eingeschlossen ist (s. Abbildung, S. 200). Dabei ist die Zahl der Arten außerordentlich groß; und obwohl an den besten Lokalitäten, wie z. B. der Stuoreswiese bei St. Cassian im Abteithal, schon seit vielen Jahren gesammelt wird, finden sich doch immer noch neue Arten vor. Nahezu unerschöpflich scheint der Reichtum dieser merkwürdigen Bildung zu sein. Wie in allen größeren Faunen der Triasformation, mischen sich auch in dieser altertümliche mit neu auftretenden modernen Typen. Die Hauptmasse der dunkeln basischen Ergußgesteine, Melaphyre und Melaphyrtuffe, liegt in den

Digitized by Google

Wengener Schichten; unter diesen treten die Buchensteiner Schichten, dunkle Bänderkalke mit Hornsteinlagen, und der alpine Muschelkalk auf. Diese beiden Schichtgruppen können ebenfalls in Dolomitfacies ausgebildet sein. Der untere alpine Muschelkalk bietet auch in den Südalpen die Gliederung in zwei Zonen wie in den Nordalpen, und manche Lokalitäten, wie Recoaro bei Vicenza und Prezzo in Judikarien, sind durch reiche Faunen ausgezeichnet.

Überblicken wir nun die Entwickelung der Triasformation in den Nord- und Südalpen, so ergeben sich so zahlreiche Beziehungen, daß die Vergleichung der Hauptgruppen keinerlei Schwierigkeiten begegnet. Die auf S. 201 angeführte Tabelle bringt dies in übersichtlicher Weise zur Darstellung und enthält zugleich die Stufenbezeichnungen, die man den Hauptgruppen erteilt hat (hauptsächlich nach E. v. Mojsisovics und A. Bittner).

Zum Schluß müssen wir noch einer merkwürdigen Erscheinung gedenken: Die hochmarine Entwickelung der Triasformation reicht gegen Westen bis an das Rheinthal zwischen Bregenz und Chur; unvermittelt brechen hier die mächtigen triadischen Kalkmassen der Ostalpen ab, und jenseits der Rheinlinie, in der Schweiz und in den französischen Alpen besitzt die Triasformation bei geringer Mächtigkeit eine Ausbildung, die sich eng an den Binnentypus dieser Formation anschließt. Erst in der rätischen Zeit beginnt die nähere Übereinstimmung der ostalpinen Ablagerungen mit denen Mitteleuropas und der Westalpen, das Meer greift um sich, neue Lebensformen erscheinen in weiter Verbreitung und leiten eine neue Entwickelungsphase der Lebewelt ein, die sich in der Jura- und Kreidezeit abspielt.

Weitere Verbreitung der Trias.

Die übrigen nach alpinem Typus gebauten Länder Europas enthalten an zahlreichen Punkten Ablagerungen der Trias; doch ist nirgends eine Entwickelung vorhanden, die sich an Reichtum der Gliederung wie der Fossile mit den östlichen Alpen auch nur entfernt messen könnte. Allerdings sind einzelne Horizonte an diesem oder jenem Punkte sehr schön entfaltet, z. B. die Ceratitenfauna der Werfener Schichten im nordöstlichen Dalmatien und die Muschelkalkbildungen von Sarajewo in Bosnien, die an Artenmenge und schöner Erhaltung ihrer Fossile alle gleichalterigen Vorkommnisse übertreffen. Dagegen sind in der bosnisch-dalmatischen Region die höheren Triashorizonte durch fast ganz fossilleere Kalke vertreten. Eine andere Gegend mit bemerkenswerten Triasablagerungen ist der Bakonyer Wald nördlich vom Plattensee in Ungarn, wo sich namentlich der Muschelkalk und die obere Trias in südalpiner Entwickelung finden. Dagegen ist in dem mächtigen Gebirgsbogen der Karpathen die Trias überaus dürftig; die rätische Stufe ist oft durch die versteinerungsreichen Mergel und Kalke der Kössener Schichten repräsentiert; viel seltener kommen Muschelkalkversteinerungen vor. Sonst gibt es fast nur fossilfreie Kalke und Dolomite, und stellenweise greift auch eine Entwickelung von ganz außeralpinem Charakter ein, rote Schiefer und Thone und helle Sandsteine, die sich nur mit den mitteleuropäischen Keuperbildungen, namentlich dem bunten Keuper, vergleichen lassen. Nur an wenigen Punkten finden sich obertriadische Ammonitenkalke, so bei Pozoritta in der Bukowina, in Dernö im Gömörer Komitat und in der Gegend von Balan im östlichen Siebenbürgen, wo sie teils einen juvavischen, teils einen südalpinen Charakter erkennen lassen. Erwähnen wir noch das von Toula nachgewiesene Vorkommen von Muschelkalk im Balkan, die obertriadische Korallenfauna des östlichen Balkan, die nach F. Frech mit der der Zlambachschichten enge Beziehungen unterhält, und endlich die Halobienschiefer der Dobrudscha in Rumänien, so ist so ziemlich erschöpft, was wir davon aus dem südöstlichen Europa wissen. Im Anschluß an dieses Entwickelungsgebiet sei noch der Brachiopodenkalke und Halobienschiefer der obersten Trias gedacht, die bei Balia Maden

Digitized by Google

im westlichen Kleinasien diskordant auf Oberkarbon liegen und das Vorhandensein einer obertriadischen Transgression andeuten. Ammonitenführende Triaskalke sind ferner im Madoniengebirge bei Palermo in Sizilien, Radiolarienkalke und Kieselschiefer mit Halobien, Riffkalke mit Brachiopoden und Cephalopoden sind von G. de Lorenzo in der Basilicata (Calabrien), eine kleine obertriadische Fauna ist von Verneuil bei Mora am Ebro in Spanien gefunden worden. Die alpine Entwickelung herrscht hier nur im südöstlichen Teile der Pyrenäischen Halbinsel, im Nordwesten dagegen der außeralpine Typus.

Begeben wir uns nun ostwärts in das Gebiet des ehemaligen Ozeans Tethys, dessen Ausdehnung wir schon in mehreren Phasen der paläozoischen Periode kennen gelernt haben, so finden wir in verschiedenen Teilen seiner Erstreckung die Spuren hochmariner triadischer Ablagerungen. Zahlreiche Faunen von Ammoniten, Bivalven und Brachiopoden erweisen die ununterbrochene Entwickelung des marinen Tierlebens, und so dürftig auch die meisten Gebiete bekannt, so spärlich oft die Versteinerungen sind, die kühne Reisende und Aufnahmsgeologen in den unzugänglichen Hochgebirgen Innerasiens und den eisstarrenden Regionen des Nordens gesammelt haben, so tritt doch schon die Ausbreitung des triadischen Weltmeeres und die Verteilung der Organismen in den allgemeinsten Zügen bestimmt hervor. Zunächst trifft man an dem, seit den Tagen L. v. Buchs bekannten Bogdoberge in der astrachanischen Steppe, an der unteren Wolga, eine untertriadische Ammonitenfauna; Tirolites cassianus, die bekannte Leitform der Campiler Schichten Südtirols, kommt auch hier vor. Spuren der alpinen Trias fand Abich bei Djulfa am Araxes, und noch weiter östlich entdeckte Stoliczka im östlichen Pamir Monotis-Bänke, Kalksteine und Schiefer, in denen Halorellen genau so wie in den alpinen Zlambachschichten herdenweise auftreten; aus dem Grenzgebiet von Kumaon und Niti und den tibetanischen Hundes liegen mehrere obertriadische, von L. Griesbach entdeckte Faunen vor, deren Übereinstimmung mit alpinen Formen E. v. Mojsisovics hervorgehoben hat.

Das Hauptgebiet der marinen Triasentwickelung befindet sich aber in den Hochgebirgen Innerasiens, im Himalaya und im Salzgebirge, und hier liegen marine Versteinerungen nicht nur in den mittleren und oberen Schichtgruppen der Formation, sondern auch in den Horizonten unter dem Muschelkalk, im Buntsandstein.

Da gerade die untere Trias in den Alpen durch die versteinerungsarmen, an die Binnenentwickelung erinnernden roten Werfener Schiefer vertreten und das marine Tierleben hier nicht zu voller Entfaltung gelangt ist, werden die Versteinerungen Indiens eine störende Lücke ausfüllen und den Weg näher beleuchten, auf dem die Umgestaltung der jungpaläozoischen zur triadischen Fauna erfolgte. Die Gliederung der Untertrias ist, soviel man weiß, am reichsten im indischen Salzgebirge. Innerhalb eines als Ceratitenschichten zusammengefaßten Verbandes lassen sich nicht weniger als fünf übereinander folgende Cephalopodenfaunen unterscheiden, durchaus reich an Formen, deren verwandtschaftliche Beziehungen teils auf die Alpen, teils auf den hohen Norden Sibiriens verweisen. Im Himalaya enthält die Untertrias in ihren nur ungefähr 20 m mächtigen Schichten zwei Faunen, von denen die untere in den Otoceras Beds noch an das Perm anklingt, z. B. mit ihrer permischen Ammonitengattung Medlicottia, während die obere in den Subrobustus Beds mit den Ceratitenschichten des Salzgebirges viel Gemeinsames hat. Auch der Muschelkalk zerfällt in zwei Abteilungen; Beziehungen zu der alpinen Fauna treten in übereinstimmenden Gattungen und Arten deutlich hervor: die Form Budhaites ist als Vorläufer des bekannten obertriadischen Carnites floridus der Alpen erkannt worden. Viel mächtiger und mannigfaltiger ist, wie namentlich K. Diener jüngst gezeigt hat, die Ausbildung der Obertrias. Hier konnten die Äquivalente der karnischen und juvavischen Stufe nachgewiesen werden, und namentlich enthält die zweite in den Halorites Beds außerordentlich zahlreiche

Digitized by Google

Versteinerungen der alpinen Hallstätter Kalke. Den Abschluß der Trias bilden, wieder in Übereinstimmung mit den Alpen, mächtige Dachsteinkalke mit großen Megalodonten.

Die Kenntnis der arktischen Trias geht in frühe Zeit zurück; schon vor vielen Jahren wurden im nördlichen Sibirien bei Mengiläch in der Nähe der Mündung des Olenek in das Eismeer durch den kühnen Reisenden Middendorf Versteinerungen aufgefunden und von Keyserling beschrieben; später brachte Czekanowski große Mengen von Fossilen von denselben Fundstellen mit. Ähnliche Funde hat man bei Werchowjansk, ferner bei Wladiwostok an der ostsibirischen Küste gemacht, und Spitzbergen hat ebenfalls reiche Faunen geliefert. Die Untersuchung durch E. v. Mojsisovics hat die enge Verwandtschaft mit den alpinen und indischen Faunen klargestellt, während F. Teller namentlich an den Triasvorkommnissen der pazifischen Küsten gezeigt hat, daß eine Reihe von marinen Triasablagerungen mit verwandten Faunen in der pazifischen Abdachung Amerikas von Peru im Süden bis nach Alaska im Norden verfolgbar ist und ebenso, auf der Westseite des Pazifischen Ozeans Neuseeland, Neukaledonien, Timor, Japan und die Umrahmung des Ochotskischen Meerbusens entsprechende Ablagerungen enthalten. Namentlich eine Gruppe von Muscheln, die der Pseudomonotis ochotica, ist in diesem riesigen Gebiet weit verbreitet. Enge faunistische Beziehungen mit Indien sprechen sich namentlich in den Versteinerungen der Insel Rußky und der Ussuribucht in Ostsibirien aus, unter denen K. Diener die spezifisch indischen Otoceras erkennen konnte. „So unvollständig und ungenügend bis heute unsere Kenntnis von diesen interessanten Vorkommnissen ist, was namentlich von den ziemlich artenreich scheinenden nordamerikanischen Cephalopodenschichten gilt, so läßt sich doch bereits mit Sicherheit erkennen, daß die Küstengebiete der arktischen Gegenden zusammen mit der Umrandung des Pazifischen Ozeans eine weite, durch einheitlichen Charakter der Faunen verbundene Region bilden, die als die arktisch-pazifische Triasprovinz bezeichnet werden soll. Es ist dies weitaus das größte bekannte einheitliche Triasgebiet der Erde, wenn wir auch, da die uns zugänglichen Sedimentreste sich auf küstennahe Gegenden diesseits und jenseits des Pazifischen Ozeans und des Nördlichen Eismeeres beschränken, verhältnismäßig nur geringe Teile davon kennen." (E. v. Mojsisovics.)

So wie wir bei Besprechung der Devon-, Karbon- und Permformation den ostwestlich gestreckten Tethys-Ozean mit einem arktischen Ausläufer in Verbindung fanden, so müssen wir auf Grund der innigen faunistischen Beziehungen auch für die Trias eine offene Meeresverbindung aus dem Herzen Europas bis nach Innerasien und von da in das arktisch-pazifische Gebiet annehmen. Daß sich in diesem riesigen Ozean unter dem Einfluß klimatischer und lokaler Verhältnisse provinzielle Verschiedenheiten ausgebildet haben, ist wohl nicht zu bezweifeln, im einzelnen aber wegen der Lückenhaftigkeit der bisherigen Kenntnis schwer zu verfolgen.

Deutlicher läßt sich das Verhältnis zur mitteleuropäischen Trias feststellen. Das Becken, in dem sich die mitteleuropäische Trias ablagerte, war anfangs mit dem alpinen in Verbindung, dann aber sonderte es sich von diesem ab, und aller Wahrscheinlichkeit nach erhielt es etwa um die Mitte der Muschelkalkzeit eine Zuwanderung aus einem anderen uns unbekannten Gebiete, wie das die eigentümliche Ammonitenfauna des oberen deutschen Muschelkalkes beweist. Ungefähr mit Beginn der Keuperzeit schloß sich aber dieses Becken gegen außen ganz oder fast ganz ab, sein Wasser süßte sich aus, und nur vereinzelte Einbrüche des Meeres fanden auf ganz kurze Zeit statt; daher die isolierten und wenig mächtigen Bänkchen mit Meeresmuscheln im deutschen Keuper. England erreichten die marinen Elemente während der ganzen Triaszeit gar nicht, und dasselbe war im östlichen Teile von Nordamerika der Fall; wahrscheinlich war über allen diesen Regionen ein großes atlantisches Festland mit einigen riesigen Binnenseen vorhanden, ein Seitenstück zum Gondwanaland der Südhemisphäre. Gegen Ende der Triasperiode, während der Ablagerung der rätischen Stufe, fand dann wieder eine weit offene Verbindung zwischen der mitteleuropäischen

Digitized by Google

Digitized by Google

LANDSCHAFT DER JURAPERIODE.

Digitized by Google

und alpinen Region statt, marine Einwanderer aus dem alpinen Gebiet dringen bis Irland, England und Schweden vor, und mit Beginn der Juraformation ist der größte Teil von Mitteleuropa von hohem Meere bedeckt.

5. Die Juraformation.[1]

Inhalt: Charakter und Gliederung des Jura. — Die Tierwelt des Jura. — Formenmenge der Jurafauna. — Der Jura in Mitteleuropa. — Der alpine Jura. — Weitere Verbreitung und geographische Verhältnisse des Jura.

Charakter und Gliederung des Jura.

Der Jura, die zweite der großen mesozoischen Formationen (s. die beigeheftete Tafel „Landschaft der Juraperiode"), hat seinen nun allgemein angenommenen Namen von dem Juragebirge erhalten; die früher vielfach gebrauchte Bezeichnung Oolith, von der Gesteinsbeschaffenheit eines Teiles seiner Ablagerungen hergenommen, ist so ziemlich außer Übung gekommen. In außerordentlich reicher Gliederung und mit einer ungeheuern Menge ausgezeichnet erhaltener Versteinerungen treten seine Ablagerungen gerade in solchen Gegenden auf, wo das Studium der Geologie seit langer Zeit und mit Eifer getrieben wird; Schwaben und Franken, das Juragebirge in der Schweiz, weite Flächen in Frankreich und England, endlich das nordwestliche Deutschland: hier haben seit vielen Dezennien eine Menge von Forschern dem Studium dieser Formation obgelegen. Infolgedessen ist die Zahl der bekannt gewordenen Versteinerungen sehr groß, die Zahl der kleinen Horizonte, die hier unterschieden werden können, sehr bedeutend, und viele unter ihnen kann man schon jetzt über weite Strecken verfolgen.

Man liest häufig in geologischen Büchern, daß diese Erscheinung eine Folge der außerordentlich ruhigen und ungestörten Sedimentbildung sei, ein Satz, der nicht die mindeste Berechtigung für sich hat. Von ganz ruhiger und ungestörter Schichtbildung kann man da sprechen, wo man ein und dasselbe Gestein ohne irgend welche Verschiedenheit von oben bis unten in ungeheurer Mächtigkeit auftreten sieht. Im Jura aber und namentlich in seiner unteren und mittleren Abteilung, die man besonders hervorzuheben pflegt, findet genau das Gegenteil statt. In endlosem Wechsel folgen Kalke, Oolithe, Mergel, Thone, bituminöse Schiefer, Sandsteine aufeinander; fast jede dieser Änderungen in der Gesteinsbeschaffenheit ist bedingt durch eine Änderung in der Art der Schichtbildung. Und wenn wir dazu noch die geradezu verwirrenden Verhältnisse der Schwammkalke und Korallenriffe im oberen Jura rechnen, so finden wir, daß in Mitteleuropa der Jura gerade der Typus sehr unregelmäßiger Sedimentbildung ist; gerade diese Buntscheckigkeit aber, die Leopold v. Buch treffend mit einem bunten Teppich verglich, dieser oft wiederholte Gesteinswechsel erleichtert hier die Unterscheidung all der einzelnen Horizonte.

Der erste, der eine eingehendere Gliederung des Jura gab, war William Smith in England. Ihm folgte Leopold v. Buch mit seiner ausgezeichneten Einteilung des Jura in Deutschland, in der er eine untere Stufe, den schwarzen Jura oder den Lias, eine mittlere, den

[1] Abgesehen von einigen Kürzungen und untergeordneten Einschaltungen ist der Text über die Juraformation fast unverändert aus der 1. in die 2. Auflage übernommen worden. Zwar läßt sich die Darstellung dieser Formation, wie sie Neumayr im Jahre 1886 gegeben hat, heute nicht mehr in ihrem vollen Umfang aufrechterhalten; ich konnte es aber mit dem Gefühl der Pietät für den großen Juraforscher nicht vereinbaren, hier das Kapitel über die Formation umzugestalten, zu deren Erforschung Neumayr neue Wege gebahnt, der seine besten Kräfte gewidmet hat. Der „Erdgeschichte" gereicht diese Enthaltsamkeit nicht zum Schaden, da sie wohl noch nicht der Zeitpunkt gekommen ist, eine der Neumayrschen gleichwertige Darstellung der Juraformation auf neuer Grundlage zu versuchen. V. Uhlig.

Digitized by Google

LANDSCHAFT DER JURAPERIODE.

UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

und alpinen Region statt, marine Einwanderer aus dem alpinen Gebiet dringen bis Irland, England und Schweden vor, und mit Beginn der Juraformation ist der größte Teil von Mitteleuropa von hohem Meere bedeckt.

5. Die Juraformation.[1]

Inhalt: Charakter und Gliederung des Jura. — Die Tierwelt des Jura. — Formenmenge der Jurafauna. — Der Jura in Mitteleuropa. — Der alpine Jura. — Weitere Verbreitung und geographische Verhältnisse des Jura.

Charakter und Gliederung des Jura.

Der Jura, die zweite der großen mesozoischen Formationen (s. die beigeheftete Tafel „Landschaft der Juraperiode"), hat seinen nun allgemein angenommenen Namen von dem Juragebirge erhalten; die früher vielfach gebrauchte Bezeichnung Oolith, von der Gesteinsbeschaffenheit eines Teiles seiner Ablagerungen hergenommen, ist so ziemlich außer Übung gekommen. In außerordentlich reicher Gliederung und mit einer ungeheuern Menge ausgezeichnet erhaltener Versteinerungen treten seine Ablagerungen gerade in solchen Gegenden auf, wo das Studium der Geologie seit langer Zeit und mit Eifer getrieben wird; Schwaben und Franken, das Juragebirge in der Schweiz, weite Flächen in Frankreich und England, endlich das nordwestliche Deutschland: hier haben seit vielen Dezennien eine Menge von Forschern dem Studium dieser Formation obgelegen. Infolgedessen ist die Zahl der bekannt gewordenen Versteinerungen sehr groß, die Zahl der kleinen Horizonte, die hier unterschieden werden können, sehr bedeutend, und viele unter ihnen kann man schon jetzt über weite Strecken verfolgen.

Man liest häufig in geologischen Büchern, daß diese Erscheinung eine Folge der außerordentlich ruhigen und ungestörten Sedimentbildung sei, ein Satz, der nicht die mindeste Berechtigung für sich hat. Von ganz ruhiger und ungestörter Schichtbildung kann man da sprechen, wo man ein und dasselbe Gestein ohne irgend welche Verschiedenheit von oben bis unten in ungeheurer Mächtigkeit auftreten sieht. Im Jura aber und namentlich in seiner unteren und mittleren Abteilung, die man besonders hervorzuheben pflegt, findet genau das Gegenteil statt. In endlosem Wechsel folgen Kalke, Oolithe, Mergel, Thone, bituminöse Schiefer, Sandsteine aufeinander; fast jede dieser Änderungen in der Gesteinsbeschaffenheit ist bedingt durch eine Änderung in der Art der Schichtbildung. Und wenn wir dazu noch die geradezu verwirrenden Verhältnisse der Schwammkalke und Korallenriffe im oberen Jura rechnen, so finden wir, daß in Mitteleuropa der Jura gerade der Typus sehr unregelmäßiger Sedimentbildung ist; gerade diese Buntscheckigkeit aber, die Leopold v. Buch treffend mit einem bunten Teppich verglich, dieser oft wiederholte Gesteinswechsel erleichtert hier die Unterscheidung all der einzelnen Horizonte.

Der erste, der eine eingehendere Gliederung des Jura gab, war William Smith in England. Ihm folgte Leopold v. Buch mit seiner ausgezeichneten Einteilung des Jura in Deutschland, in der er eine untere Stufe, den schwarzen Jura oder den Lias, eine mittlere, den

[1] Abgesehen von einigen Kürzungen und untergeordneten Einschaltungen ist der Text über die Juraformation fast unverändert aus der 1. in die 2. Auflage übernommen worden. Zwar läßt sich die Darstellung dieser Formation, wie sie Neumayr im Jahre 1886 gegeben hat, heute nicht mehr in ihrem vollen Umfang aufrechterhalten; ich konnte es aber mit dem Gefühl der Pietät für den großen Juraforscher nicht vereinbaren, gerade das Kapitel über die Formation umzugestalten, zu deren Erforschung Neumayr neue Wege gebahnt, der er seine besten Kräfte gewidmet hat. Der „Erdgeschichte" gereicht diese Enthaltsamkeit nicht zum Schaden, da heute wohl noch nicht der Zeitpunkt gekommen ist, eine der Neumayrschen gleichwertige Darstellung der Juraformation auf neuer Grundlage zu versuchen. V. Uhlig.

Digitized by Google

braunen Jura, und eine obere, den weißen Jura, unterschied und außerdem noch eine Reihe kleinerer Unterabteilungen festhielt. Die Bezeichnung der Jurastufen nach der Farbe der Gesteine hat in Deutschland, wo sie der Natur trefflich entspricht, vielfach Annahme gefunden, namentlich der weiße und braune Jura, während sich der schwarze nie gegen den bequemen und alteingebürgerten Ausdruck Lias Geltung verschaffen konnte. In anderen Ländern dagegen ist diese Benennung nach der Farbe nicht angenommen worden, da die Färbung der Schichten nicht überall dieselbe ist: in der That wäre es mißlich, in den Karpathen eine weiße Kalkablagerung als braunen, eine rote als weißen Jura zu bezeichnen.

Ein weiteres Stadium in der Untersuchung des Jura bezeichnen die Arbeiten des französischen Paläontologen d'Orbigny, der zehn verschiedene Unterabteilungen unterschied und deren Vorkommen in verschiedenen Ländern nachwies. Es war das ein gewaltiger Fortschritt, zumal da mit diesen geologischen Arbeiten auch die genaue Abbildung und Benennung einer Menge von Versteinerungen Hand in Hand ging; allein zu diesen großen Verdiensten gesellen sich manche Verirrungen, die hauptsächlich darin ihren Grund hatten, daß d'Orbigny die Katastrophentheorie in ihrer starrsten dogmatischen Ausbildung bis ins äußerste Extrem trieb.

Ganz andere Wege ging Quenstedt, der berühmte Tübinger Juraforscher. Er konzentrierte seine ganze Arbeitskraft und sein hervorragendes Beobachtungstalent auf das kleine Gebiet Schwabens und erzielte hier Erfolge, wie sie vor ihm auf stratigraphischem Gebiet unerhört waren. Er unterschied in den drei Hauptabteilungen des Jura je sechs Glieder, und da er in manchen dieser Gruppen weitere Abteilungen trennte, so wies er im ganzen gegen 30 verschiedene Horizonte nach, die er von einem Ende des Landes bis zum anderen verfolgen konnte. Heute allerdings gibt es so manche Gegenden, die in dieser Weise durchforscht sind, nachdem einmal Quenstedt den Weg hierzu gewiesen hatte; aber im schwäbischen Jura sah man zum erstenmal ein mächtiges, weit ausgebreitetes Flözgebirge bis in seine kleinsten Einzelheiten untersucht. Dieser Vorgang war von entscheidender Wichtigkeit für die Richtung und Entwickelung der stratigraphischen Geologie, erst von da an erreichte sie wenigstens auf manchen Gebieten jene Schärfe der Beobachtung, deren sie unbedingt bedarf.

Einen Schritt weiter ging Oppel, Quenstedts Schüler. Sie beide können zusammen als die Begründer der neueren Stratigraphie gelten, zu deren Entwickelung ihre Arbeiten trotz des formellen Gegensatzes in der Darstellung harmonisch zusammenwirkten. Oppel, aufs genaueste mit den württembergischen Verhältnissen vertraut, untersuchte auf längeren Reisen die Jurabildungen Frankreichs und Englands; er führte in den verschiedensten Teilen dieser Länder eine konsequente Gliederung durch, die mit der süddeutschen trefflich übereinstimmte. Er teilte den ganzen Jura in etliche dreißig Zonen, die er der großen Mehrzahl nach durch Deutschland, England und Frankreich verfolgte, und deren auffallende Beständigkeit er hervorhob. Gleichzeitig aber betonte er auch die Unterschiede aufs schärfste, die in der lokalen Ausbildung dieser Horizonte durch die äußeren Bedingungen hervorgerufen werden. Oppel konnte sein Werk nicht zu Ende führen; ein früher Tod entriß ihn seinem rastlosen Schaffen. Seine Nachfolger arbeiteten an der gestellten Aufgabe weiter, und den vereinigten Anstrengungen vieler ist es nun gelungen, die Gliederung des Jura und die Verfolgung seiner Horizonte über weite Strecken auf eine Höhe zu bringen, wie sie bei keiner anderen Formation erreicht worden ist.

Man hat oft gefragt, was denn eine solche minutiöse Gliederung für eine wissenschaftliche Bedeutung habe. Die Antwort darauf ist in dem ersten Abschnitt dieses Bandes (S. 17) gegeben; hier genügt es, daran zu erinnern, daß wir nur auf diese Weise einen Einblick in die Gesetze der Verbreitung und Umgestaltung der fossilen Organismen, in die Mechanik der Artenveränderung gewinnen können.

Digitized by Google

Deshalb mag hier die jetzt übliche Einteilung des Jura mitgeteilt werden.

I. Oberer Jura (Malm, weißer Jura).
A. Tithonstufe.
1) Zone des Perisphinctes transitorius.
2) " " Aspidoceras cyclotum.
B. Kimmeridgestufe.
3) " " Hoplites eudoxus.
4) " der Oppelia tenuilobata.
C. Oxfordstufe.
5) " des Peltoceras bimammatum.
6) " " - transversarium.
7) " " Aspidoceras perarmatum.
D. Kellowaystufe.
8) " " Peltoceras athleta.
9) " " Cosmoceras Jason.
10) " " Macrocephalites macrocephalus.
II. Mittlerer Jura (brauner Jura, Dogger).
E. Bathstufe.
11) Zone der Oppelia aspidoides.
12) " " Parkinsonia ferruginea.
F. Bayeuxstufe (Unteroolith).
13) " der Parkinsonia Parkinsoni.
14) " des Stephanoceras Humphriesianum.
15) " " - Sauzei.
16) Zone des Harpoceras Sowerbyi.
17) " " - Murchisonae.
18) " " - opalinum.
III. Lias (schwarzer, unterer Jura).
G. Oberer Lias.
19) Zone des Lytoceras jurense.
20) " " Coeloceras crassum.
21) " " Harpoceras bifrons.
H. Mittlerer Lias.
22) " " Amaltheus spinatus.
23) " " - margaritatus.
24) " " Aegoceras Davoei.
25) " " Amaltheus ibex.
26) " " Aegoceras Jamesoni.
I. Unterer Lias.
27) " " Arietites raricostatus.
28) " " Amaltheus oxynotus.
29) " " Arietites obtusus.
30) " " Pentacrinus tuberculatus.
31) " " Arietites Bucklandi.
32) " der Schlotheimia angulata.
33) " des Psiloceras planorbis.

Die Zonengliederung Oppels ist zunächst auf die mitteleuropäischen Verhältnisse gegründet; und schon hier stieß man auf manche Bedenken, als man diese Menge von Abteilungen in verschiedenen Gegenden wiederzufinden suchte. Aber bald zeigte es sich, daß auch in der alpinen Region, in den Alpen, Karpathen, Apenninen, in Sizilien, Spanien und Algerien dieselbe Vergesellschaftung der Versteinerungen und dieselbe Reihenfolge der Zonen wiederkehrt. Allein alle Vermutungen, die kühnsten Spekulationen über die räumliche Ausbreitung, über die Zonen ohne durchgreifende Änderung ihres Charakters verfolgt werden können, wurden durch die handgreiflich beobachteten Thatsachen überboten, als Waagen zeigte, daß im Jura von Cutch an der Mündung des Indus genau dieselben Zonen wiederkehren, wie sie in Europa vorhanden sind, und hier die europäischen Verhältnisse mit einer Genauigkeit kopiert sind, die geradezu als eine Schwierigkeit für die Erklärung empfunden wird. Später zeigte Beyrich, daß ähnliche Verhältnisse auch im äquatorialen Afrika vorhanden sind, Gottsche und Steinmann dasselbe für Südamerika, und selbst für Australien liegen bestimmte Anzeichen vor, daß dort dieselben Verhältnisse herrschen. Natürlich gilt das nur von den Vorkommnissen, in denen die universelle Meeresfauna vorliegt, die zum großen Teile aus schwimmenden Tieren der hohen See, namentlich aus Ammoniten, besteht. Wo diese fehlen und z. B. die lokalen Spezialfaunen von Korallriffen, von thonigen, muschelreichen Seichtwasserablagerungen an ihre Stelle treten, da gelingt natürlich die Zonengliederung nicht; und wir geraten oft schon in die größten Schwierigkeiten, wenn wir solche Gebilde aus naheliegenden Gegenden untereinander oder mit den benachbarten Ammonitenschichten parallelisieren wollen. Allein nicht nur in diesen Fällen treffen wir auf Hindernisse, sondern diese treten auch oft unerwartet beim Vergleich ammonitenführender Schichten untereinander auf, nicht etwa nur bei überaus weit voneinander entfernten Ablagerungen, sondern unter Umständen sehen wir auffallende Gegensätze und eine Abweichung der Zonenentwickelung bei nicht weit entlegenen Vorkommnissen. So würde man vergeblich alle die Abschnitte, die man in Mitteleuropa unterschieden hat, in der Gegend von Moskau aufsuchen wollen. Wir können

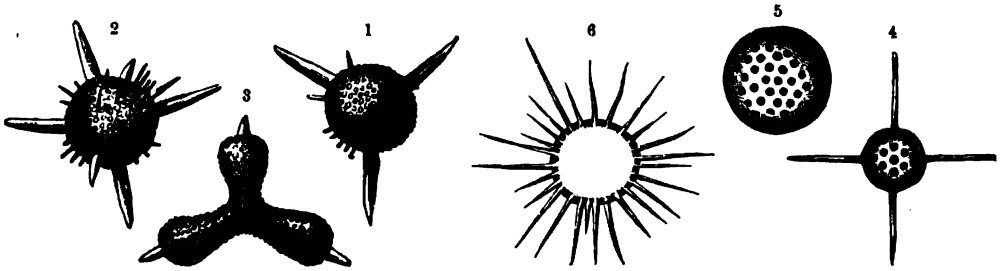
Digitized by Google

diese Abweichungen nicht durch Faciesunterschiede erklären und ebensowenig durch den räumlichen Abstand oder klimatische Unterschiede, sondern müssen nach einer anderen Ursache suchen. Diese kann nur in einem Verkehrshindernis, in dem Vorhandensein einer kontinentalen Trennung liegen; wir haben es in diesen Fällen mit den Angehörigen verschiedener Meeresbecken zu thun, die durch festes Land ganz oder größtenteils voneinander geschieden sind.

Wir erhalten hier zweierlei Resultate: das eine ist, daß die in einer Gegend nachgewiesene Zonengliederung nur für das Meeresbecken Gültigkeit haben kann, dem dieselbe angehört, und daß getrennte Meere selbständige Entwickelung zeigen; das andere, daß wir in der Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit der pelagischen Faunen zweier Gebiete ein Kriterium haben, das uns ein Urteil darüber gestattet, ob die betreffenden Meeresbezirke zur damaligen Zeit in offener Verbindung miteinander waren oder nicht. Darin finden wir das wichtigste Mittel, die Lage der alten Meere und Festländer nachzuweisen. Anderseits hat die Erfahrung gelehrt, daß innerhalb eines und desselben Ozeans gelegene Faunen bei Übereinstimmung in der Zonengliederung in gewissen Einzelheiten, in der Verbreitung gewisser Gattungen voneinander abweichen, und daß diese Verschiedenheiten wesentlich von der geographischen Lage, speziell von nördlicherer oder südlicherer Position, abhängen, und wir können daraus ableiten, daß wir es mit den Wirkungen klimatischer Verschiedenartigkeit zu thun haben. Auf diese Weise ist es uns möglich, durch genaue Untersuchung der Aufeinanderfolge und Verbreitung der Versteinerungen wichtige Schlüsse über die physikalisch-geographischen Verhältnisse der Erde zur Jurazeit abzuleiten. Vorher aber müssen wir die Fauna und die Gliederung des Jura etwas näher kennen lernen.

Die Tierwelt des Jura.

In der Tierwelt treten uns hier zum erstenmal viele und artenreiche Foraminiferenfaunen von fast lauter kleinen, mikroskopischen Formen entgegen, wie wir sie aus keinem früheren Abschnitt der Erdgeschichte in solcher Menge kennen. Hunderte von Arten aus den verschiedensten Horizonten und Gegenden sind schon beschrieben worden, und doch kennen wir sicher erst einen



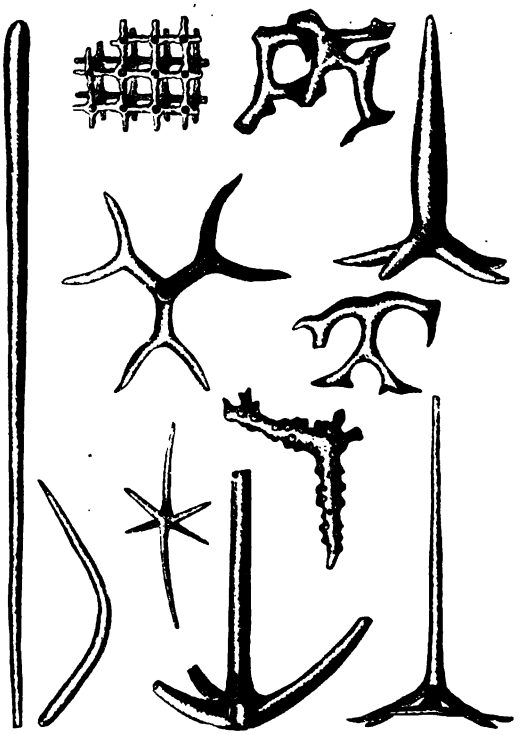
Radiolarien: 1—3) aus dem Lias der Alpen (nach E. v. Dunikowski); 4—6) aus dem Lias Italiens (nach D. Pantanelli). Sämtlich stark vergrößert. Vgl. Text, S. 209.

kleinen Teil der ganzen Menge. Man könnte glauben, daß hier ein bedeutender Unterschied gegenüber den älteren Formationen vorliege, daß die Foraminiferen plötzlich stark zugenommen haben. Das ist aber nicht der Fall, die Abweichung ist nur scheinbar, durch den Erhaltungszustand bedingt. Der Jura enthält eine große Menge plastischer Thone von marinem Ursprung, und aus solchen gelingt es mit Leichtigkeit, durch einfaches Schlämmen die Schälchen zu befreien, während das bei den Thonschiefern und Schieferthonen der älteren Formationen nicht der Fall ist; und bei diesen fehlt daher das einzige Mittel, leicht und bequem die Foraminiferenreste zu gewinnen.

Digitized by Google

Neben ihnen treten auch die überaus zierlichen, winzig kleinen Kieselgerüste der Radiolarien (s. Abbildung, S. 208) in großer Fülle auf; namentlich die Hornsteine des alpinen Jura bestehen größtenteils aus diesen Formen, deren moderner Typus bemerkenswert ist.

Eine wichtige Rolle spielen, wenigstens in gewissen Ablagerungen, die Meerschwämme oder Spongien und unter ihnen namentlich die Formen mit kieseligem Skelett, die sogenannten Kieselspongien (s. untenstehende Abbildung), von denen schon bei der Schilderung der Silurfauna die Rede war. Unter ihnen sind namentlich die Hexaktinelliden stark vertreten mit ihrem aus überaus zierlichen sechsstrahligen Nadeln zusammengesetzten Gerüst und nächstdem die Lithistiden mit unregelmäßig geformten, knorrigästigen Skelettelementen und kompaktem, festem Bau. In großer Menge erfüllen ihre verschieden geformten Körper, die die Form von Tellern, Bechern, Kegeln, Cylindern ꝛc. annehmen, gewisse Schichten (s. Abbildung, S. 210); aber wie ihre Verwandten in der Jetztzeit, sind auch sie in ihrem Vorkommen launenhaft und ungleich. Die lebenden Kieselschwämme fehlen dem seichten Wasser wie den tiefsten Abgründen des Meeres, sie nehmen vorwiegend die Mittelregion zwischen beiden ein und sind auf Globigerinenboden (vgl. Band I, S. 629) am reichlichsten entwickelt. Aber auch hier ist ihre Verbreitung nicht allgemein, auf manchen Strecken sind sie in ungeheurer Menge vorhanden, in anderen Regionen scheinen sie zu fehlen, ohne daß es möglich wäre, einen Grund für dies Verhalten anzugeben. Ebenso ist es im Jura und ebenso in der Kreide. An einem Orte ist ein ganzes Schichtsystem von Tausenden von Spongien erfüllt, während oft nicht weit davon in genau demselben Horizont kaum eine Spur ihres Vorkommens zu sehen ist.



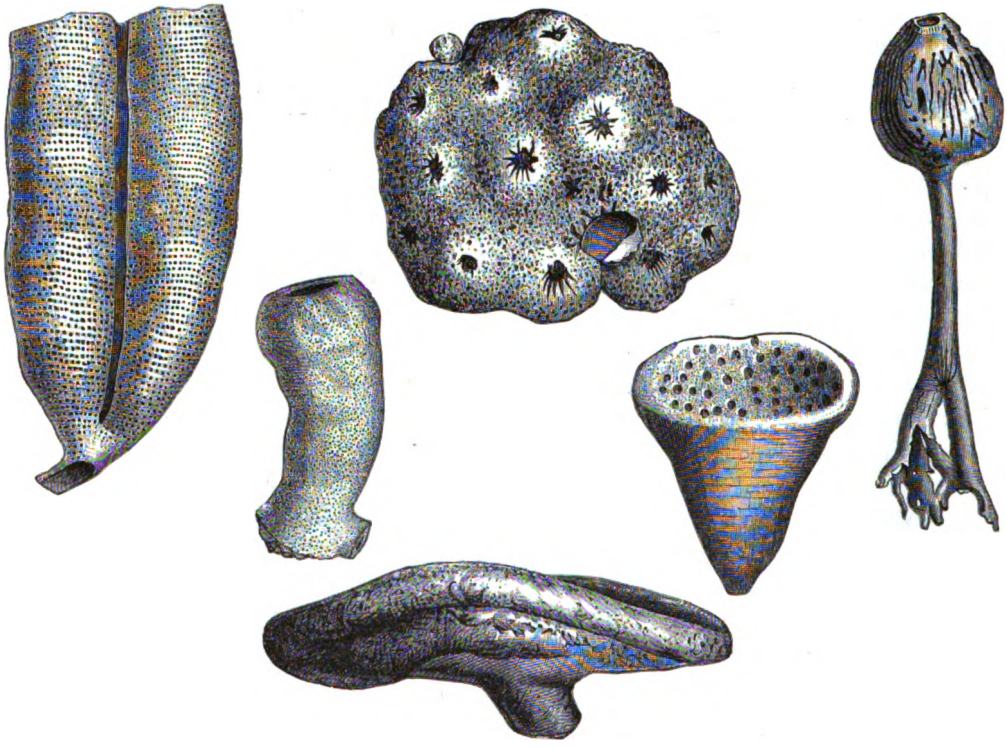
Kieselnadeln verschiedener Spongien, bedeutend vergrößert. (Nach Zittel.)

Die Korallen sind namentlich im oberen Jura Mitteleuropas in außerordentlicher Fülle vorhanden und bilden in Frankreich und der außeralpinen Schweiz eine Menge der ausgezeichnetsten Riffe; weniger reichlich sind solche in England, im nordwestlichen Deutschland, in Franken, Schwaben, den Alpen und Karpathen. Der mittlere Jura ist bedeutend ärmer, der Lias sogar sehr arm an Korallen, wenigstens in den näher untersuchten Gegenden. Anklänge an paläozoische Formen, wie wir sie noch in der Trias bemerken konnten, fehlen vollständig, es herrschen ausschließlich die sechszählig-strahligen Hexakorallien (s. Abbildungen, S. 211), die nach demselben Bauplan angelegt sind wie die Korallen der Jetztzeit.

Von außerordentlicher Bedeutung sind die Stachelhäuter oder Echinodermen, namentlich durch zwei ihrer Klassen, durch die Seelilien oder Crinoiden und durch die See-Igel oder Echinoiden. Bei jenen finden wir allerdings keine Spur mehr von jener großen Mannigfaltigkeit der Formen, von den Hunderten von Gattungen und Arten der vorpermischen Bildungen; wir begegnen nur wenigen Familien. Aber was Häufigkeit des Vorkommens einzelner

Digitized by Google

Arten anlangt, steht der Jura wohl hinter keiner der anderen Formationen zurück, und alle anderen übertrifft er an Größe und reicher Gliederung der Individuen bei einzelnen Arten. Es gilt das namentlich von den Pentacrinen (s. Abbildung, S. 212), die mit vollem Rechte die Könige der Crinoiden genannt zu werden verdienen. Auch in den heutigen Meeren zeigen die mittleren Tiefen noch manchen prächtigen Vertreter der Gattung; aber doch reichen sie bei weitem nicht an die wundervolle Entfaltung, die wir namentlich im Lias finden. Ein langer, schwanker, rankenbedeckter Stiel, aus fünfeckigen Gliedern zusammengesetzt, heftet sich entweder am unteren Ende mit wurzelartiger Ausbreitung an einen festen Körper, oder er liegt, sich gegen unten zu-



Verschiedene Spongien aus Jura und Kreide. Vgl. Text, S. 209.

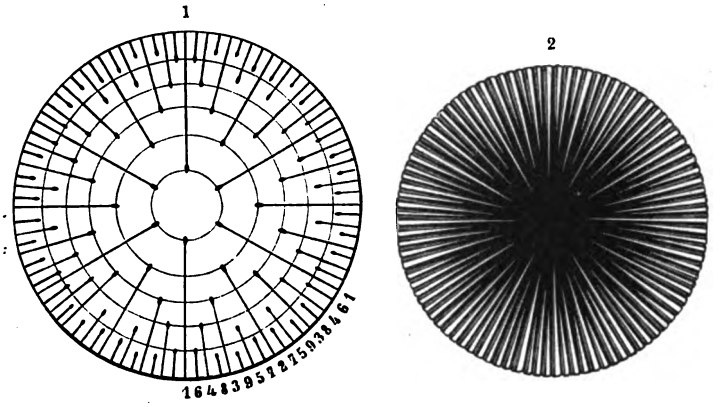
spitzend, frei am Boden des Meeres; am oberen Ende trägt er die mächtige Krone mit verhältnismäßig kleinem Kelch und den mächtigen, oftmals gespaltenen Armen, die mit ihren zahllosen Ästen, Ästchen und Fiederchen ein wahres Chaos, ein „Medusenhaupt", darstellen. Jedes dieser Stücke besteht wieder aus einer großen Anzahl einzelner Kalkpartikeln, so daß Quenstedt die Zahl der gesetzmäßig gelagerten Einzelstücke an einem großen Exemplar auf etwa 5 Millionen schätzte.

Die wunderbarsten Reste dieser Art haben die bituminösen Schiefer des oberen Lias in Württemberg geliefert, namentlich die Steinbrüche von Reutlingen, wo die Schiefer zur Petroleumgewinnung in großartigem Maße ausgebeutet wurden. Von hier stammt jene wunderbare Schieferplatte von 8 m Länge und 5 m Breite, die in der Tübinger Universitätssammlung aufbewahrt wird und von Quenstedt als „Schwabens Medusenhaupt" beschrieben worden ist (s. Abbildung, S. 213). Sie stellt einen Teil einer aus Hunderten ineinander verflochtener Individuen bestehenden Gruppe dar und enthält ein Bündel von 24 wohlerhaltenen Exemplaren, an deren größtem der Stiel 17 m mißt, während die ausgebreiteten Kronen mehr als 1 m

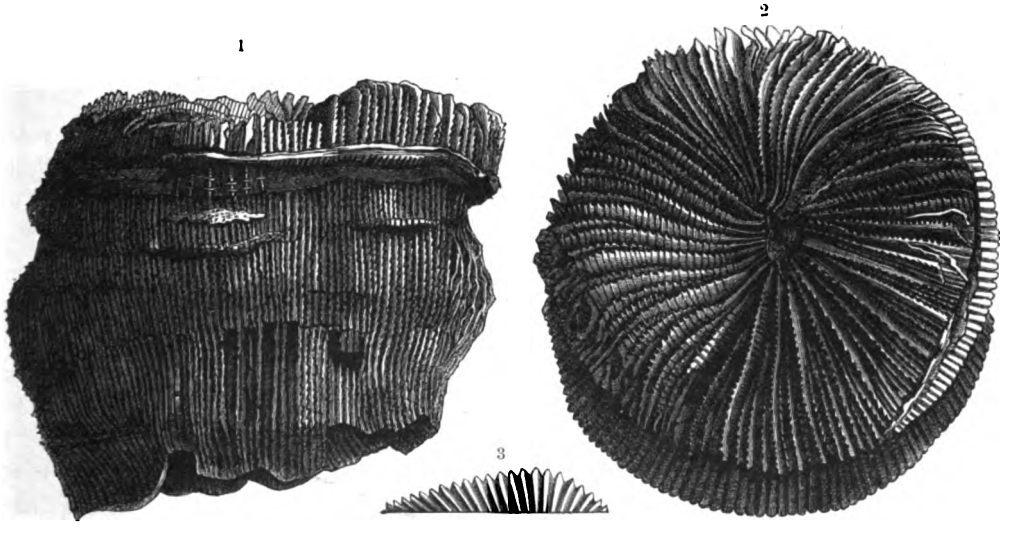
Digitized by Google

Durchmesser zeigen. Im unteren Teile sind die 24 Stiele dicht aneinander gedrängt und spiralig umeinander gewunden, während sie nach oben frei werden und sich in mannigfachen Windungen und Schlingungen ausbreiten.

In grellem Kontrast zu diesen Riesen bilden die Eugeniacrinen und Phyllocrinen kleine, kurzarmige, in sich fest geschlossene Formen, deren Kelch unmerklich in den kurzen, dicken Stiel übergeht. Die merkwürdigen Holopus-Formen des Tertiärs und der Gegenwart, die scheinbar stiellos dem Boden unmittelbar aufsitzen, sind nach O. Jäkel die Nachkommen dieser jurassischen Typen. Von geologischer Bedeutung ist die Gattung Apiocrinus (s. Abb., S. 214, unten, Fig. 1) mit oben verdicktem Stiel, der ebenfalls ohne deutliche Grenze in den Kelch übergeht. Dagegen knüpft sich an die stiellose kleine Comatula aus dem Solnhofer Schiefer ein paläontologisches



1) Schematische Darstellung der Aufeinanderfolge der Septa bei Hexakorallien; 2) Ansicht eines Hexakorallienkelchs, von oben. (Nach Bronn.) Vgl. Text, S. 209.



Montlivaultia, aus dem oberjurassischen Korallenkalk von Nattheim in Württemberg: 1) von der Seite, 2) von oben, 3) Rand eines Septums, vergrößert. (Nach Becker.) Vgl. Text, S. 209.

Interesse: die jetzigen Nachkommen dieser Form durchlaufen ein Pentacrinus ähnliches, gestieltes Larvenstadium und wiederholen so im Laufe der individuellen Entwickelung die Stammesgeschichte.

Von größter Wichtigkeit werden im Jura zum erstenmal die See-Igel, die in allen früheren Formationen nur ziemlich selten vorkamen. Normale, reguläre See-Igel, die im Jura weitaus über alle anderen dominieren, zeigen in der Regel eine mehr oder weniger niedergedrückte Kugelgestalt (s. Abb., S. 214, unten, Fig. 2); sie sind ganz mit kalkigen Täfelchen umschlossen, und nur

Digitized by Google

LANDSCHAFT DER JURAPERIODE.

UNIV. OF MICHIGAN

Digitized by Google

und alpinen Region statt, marine Einwanderer aus dem alpinen Gebiet dringen bis Irland, England und Schweden vor, und mit Beginn der Juraformation ist der größte Teil von Mitteleuropa von hohem Meere bedeckt.

5. Die Juraformation.[1]

Inhalt: Charakter und Gliederung des Jura. — Die Tierwelt des Jura. — Formenmenge der Jurafauna. — Der Jura in Mitteleuropa. — Der alpine Jura. — Weitere Verbreitung und geographische Verhältnisse des Jura.

Charakter und Gliederung des Jura.

Der Jura, die zweite der großen mesozoischen Formationen (s. die beigeheftete Tafel „Landschaft der Juraperiode"), hat seinen nun allgemein angenommenen Namen von dem Juragebirge erhalten; die früher vielfach gebrauchte Bezeichnung Dolith, von der Gesteinsbeschaffenheit eines Teiles seiner Ablagerungen hergenommen, ist so ziemlich außer Übung gekommen. In außerordentlich reicher Gliederung und mit einer ungeheuern Menge ausgezeichnet erhaltener Versteinerungen treten seine Ablagerungen gerade in solchen Gegenden auf, wo das Studium der Geologie seit langer Zeit und mit Eifer getrieben wird; Schwaben und Franken, das Juragebirge in der Schweiz, weite Flächen in Frankreich und England, endlich das nordwestliche Deutschland: hier haben seit vielen Dezennien eine Menge von Forschern dem Studium dieser Formation obgelegen. Infolgedessen ist die Zahl der bekannt gewordenen Versteinerungen sehr groß, die Zahl der kleinen Horizonte, die hier unterschieden werden können, sehr bedeutend, und viele unter ihnen kann man schon jetzt über weite Strecken verfolgen.

Man liest häufig in geologischen Büchern, daß diese Erscheinung eine Folge der außerordentlich ruhigen und ungestörten Sedimentbildung sei, ein Satz, der nicht die mindeste Berechtigung für sich hat. Von ganz ruhiger und ungestörter Schichtbildung kann man da sprechen, wo man ein und dasselbe Gestein ohne irgend welche Verschiedenheit von oben bis unten in ungeheurer Mächtigkeit auftreten sieht. Im Jura aber und namentlich in seiner unteren und mittleren Abteilung, die man besonders hervorzuheben pflegt, findet genau das Gegenteil statt. In endlosem Wechsel folgen Kalke, Oolithe, Mergel, Thone, bituminöse Schiefer, Sandsteine aufeinander; fast jede dieser Änderungen in der Gesteinsbeschaffenheit ist bedingt durch eine Änderung in der Art der Schichtbildung. Und wenn wir dazu noch die geradezu verwirrenden Verhältnisse der Schwammkalke und Korallenriffe im oberen Jura rechnen, so finden wir, daß in Mitteleuropa der Jura gerade der Typus sehr unregelmäßiger Sedimentbildung ist; gerade diese Buntscheckigkeit aber, die Leopold v. Buch treffend mit einem bunten Teppich verglich, dieser oft wiederholte Gesteinswechsel erleichtert hier die Unterscheidung all der einzelnen Horizonte.

Der erste, der eine eingehendere Gliederung des Jura gab, war William Smith in England. Ihm folgte Leopold v. Buch mit seiner ausgezeichneten Einteilung des Jura in Deutschland, in der er eine untere Stufe, den schwarzen Jura oder den Lias, eine mittlere, den

[1] Abgesehen von einigen Kürzungen und untergeordneten Einschaltungen ist der Text über die Juraformation fast unverändert aus der 1. in die 2. Auflage übernommen worden. Zwar läßt sich die Darstellung dieser Formation, wie sie Neumayr im Jahre 1886 gegeben hat, heute nicht mehr in ihrem vollen Umfang aufrechterhalten; ich konnte es aber mit dem Gefühl der Pietät für den großen Juraforscher nicht vereinbaren, gerade das Kapitel über die Formation umzugestalten, zu deren Erforschung Neumayr neue Wege gebahnt, der er seine besten Kräfte gewidmet hat. Der „Erdgeschichte" gereicht diese Enthaltsamkeit nicht zum Schaden, da heute wohl noch nicht der Zeitpunkt gekommen ist, eine der Neumayrschen gleichwertige Darstellung der Juraformation auf neuer Grundlage zu versuchen. V. Uhlig.

Digitized by Google

braunen Jura, und eine obere, den weißen Jura, unterschied und außerdem noch eine Reihe kleinerer Unterabteilungen festhielt. Die Bezeichnung der Jurastufen nach der Farbe der Gesteine hat in Deutschland, wo sie der Natur trefflich entspricht, vielfach Annahme gefunden, namentlich der weiße und braune Jura, während sich der schwarze nie gegen den bequemen und alteingebürgerten Ausdruck Lias Geltung verschaffen konnte. In anderen Ländern dagegen ist diese Benennung nach der Farbe nicht angenommen worden, da die Färbung der Schichten nicht überall dieselbe ist: in der That wäre es mißlich, in den Karpathen eine weiße Kalkablagerung als braunen, eine rote als weißen Jura zu bezeichnen.

Ein weiteres Stadium in der Untersuchung des Jura bezeichnen die Arbeiten des französischen Paläontologen d'Orbigny, der zehn verschiedene Unterabteilungen unterschied und deren Vorkommen in verschiedenen Ländern nachwies. Es war das ein gewaltiger Fortschritt, zumal da mit diesen geologischen Arbeiten auch die genaue Abbildung und Benennung einer Menge von Versteinerungen Hand in Hand ging; allein zu diesen großen Verdiensten gesellen sich manche Verirrungen, die hauptsächlich darin ihren Grund hatten, daß d'Orbigny die Katastrophentheorie in ihrer starrsten dogmatischen Ausbildung bis ins äußerste Extrem trieb.

Ganz andere Wege ging Quenstedt, der berühmte Tübinger Juraforscher. Er konzentrierte seine ganze Arbeitskraft und sein hervorragendes Beobachtungstalent auf das kleine Gebiet Schwabens und erzielte hier Erfolge, wie sie vor ihm auf stratigraphischem Gebiet unerhört waren. Er unterschied in den drei Hauptabteilungen des Jura je sechs Glieder, und da er in manchen dieser Gruppen weitere Abteilungen trennte, so wies er im ganzen gegen 30 verschiedene Horizonte nach, die er von einem Ende des Landes bis zum anderen verfolgen konnte. Heute allerdings gibt es so manche Gegenden, die in dieser Weise durchforscht sind, nachdem einmal Quenstedt den Weg hierzu gewiesen hatte; aber im schwäbischen Jura sah man zum erstenmal ein mächtiges, weit ausgebreitetes Flözgebirge bis in seine kleinsten Einzelheiten untersucht. Dieser Vorgang war von entscheidender Wichtigkeit für die Richtung und Entwickelung der stratigraphischen Geologie, erst von da an erreichte sie wenigstens auf manchen Gebieten jene Schärfe der Beobachtung, deren sie unbedingt bedarf.

Einen Schritt weiter ging Oppel, Quenstedts Schüler. Sie beide können zusammen als die Begründer der neueren Stratigraphie gelten, zu deren Entwickelung ihre Arbeiten trotz des formellen Gegensatzes in der Darstellung harmonisch zusammenwirkten. Oppel, aufs genaueste mit den württembergischen Verhältnissen vertraut, untersuchte auf längeren Reisen die Jurabildungen Frankreichs und Englands; er führte in den verschiedensten Teilen dieser Länder eine konsequente Gliederung durch, die mit der süddeutschen trefflich übereinstimmte. Er teilte den ganzen Jura in etliche dreißig Zonen, die er der großen Mehrzahl nach durch Deutschland, England und Frankreich verfolgte, und deren auffallende Beständigkeit er hervorhob. Gleichzeitig aber betonte er auch die Unterschiede aufs schärfste, die in der lokalen Ausbildung dieser Horizonte durch die äußeren Bedingungen hervorgerufen werden. Oppel konnte sein Werk nicht zu Ende führen; ein früher Tod entriß ihn seinem rastlosen Schaffen. Seine Nachfolger arbeiteten an der gestellten Aufgabe weiter, und den vereinigten Anstrengungen vieler ist es nun gelungen, die Gliederung des Jura und die Verfolgung seiner Horizonte über weite Strecken auf eine Höhe zu bringen, wie sie bei keiner anderen Formation erreicht worden ist.

Man hat oft gefragt, was denn eine solche minutiöse Gliederung für eine wissenschaftliche Bedeutung habe. Die Antwort darauf ist in dem ersten Abschnitt dieses Bandes (S. 17) gegeben; hier genügt es, daran zu erinnern, daß wir nur auf diese Weise einen Einblick in die Gesetze der Verbreitung und Umgestaltung der fossilen Organismen, in die Mechanik der Artenveränderung gewinnen können.

Digitized by Google

Deshalb mag hier die jetzt übliche Einteilung des Jura mitgeteilt werden.

I. Oberer Jura (Malm, weißer Jura).
A. Tithonstufe.
1) Zone des Perisphinctes transitorius.
2) " " Aspidoceras cyclotum.
B. Kimmeridgestufe.
3) " " Hoplites eudoxus.
4) " der Oppelia tenuilobata.
C. Oxfordstufe.
5) " des Peltoceras bimammatum.
6) " " - transversarium.
7) " " Aspidoceras perarmatum.
D. Kellowaystufe.
8) " " Peltoceras athleta.
9) " " Cosmoceras Jason.
10) " " Macrocephalites macrocephalus.
II. Mittlerer Jura (brauner Jura, Dogger).
E. Bathstufe.
11) Zone der Oppelia aspidoides.
12) " " Parkinsonia ferruginea.
F. Bayeuxstufe (Unteroolith).
13) " der Parkinsonia Parkinsoni.
14) " des Stephanoceras Humphriesianum.
15) " " - Sauzei.
16) Zone des Harpoceras Sowerbyi.
17) " " - Murchisonae.
18) " " - opalinum.
III. Lias (schwarzer, unterer Jura).
G. Oberer Lias.
19) Zone des Lytoceras jurense.
20) " " Coeloceras crassum.
21) " " Harpoceras bifrons.
H. Mittlerer Lias.
22) " " Amaltheus spinatus.
23) " " - margaritatus.
24) " " Aegoceras Davoei.
25) " " Amaltheus ibex.
26) " " Aegoceras Jamesoni.
I. Unterer Lias.
27) " " Arietites raricostatus.
28) " " Amaltheus oxynotus.
29) " " Arietites obtusus.
30) " " Pentacrinus tuberculatus.
31) " " Arietites Bucklandi.
32) " der Schlotheimia angulata.
33) " des Psiloceras planorbis.

Die Zonengliederung Oppels ist zunächst auf die mitteleuropäischen Verhältnisse gegründet; und schon hier stieß man auf manche Bedenken, als man diese Menge von Abteilungen in verschiedenen Gegenden wiederzufinden suchte. Aber bald zeigte es sich, daß auch in der alpinen Region, in den Alpen, Karpathen, Apenninen, in Sizilien, Spanien und Algerien dieselbe Vergesellschaftung der Versteinerungen und dieselbe Reihenfolge der Zonen wiederkehrt. Allein alle Vermutungen, die kühnsten Spekulationen über die räumliche Ausbreitung, über die Zonen ohne durchgreifende Änderung ihres Charakters verfolgt werden können, wurden durch die handgreiflich beobachteten Thatsachen überboten, als Waagen zeigte, daß im Jura von Cutch an der Mündung des Indus genau dieselben Zonen wiederkehren, wie sie in Europa vorhanden sind, und hier die europäischen Verhältnisse mit einer Genauigkeit kopiert sind, die geradezu als eine Schwierigkeit für die Erklärung empfunden wird. Später zeigte Beyrich, daß ähnliche Verhältnisse auch im äquatorialen Afrika vorhanden sind, Gottsche und Steinmann dasselbe für Südamerika, und selbst für Australien liegen bestimmte Anzeichen vor, daß dort dieselben Verhältnisse herrschen. Natürlich gilt das nur von den Vorkommnissen, in denen die universelle Meeresfauna vorliegt, die zum großen Teile aus schwimmenden Tieren der hohen See, namentlich aus Ammoniten, besteht. Wo diese fehlen und z. B. die lokalen Spezialfaunen von Korallriffen, von thonigen, muschelreichen Seichtwasserablagerungen an ihre Stelle treten, da gelingt natürlich die Zonengliederung nicht; und wir geraten oft schon in die größten Schwierigkeiten, wenn wir solche Gebilde aus naheliegenden Gegenden untereinander oder mit den benachbarten Ammonitenschichten parallelisieren wollen. Allein nicht nur in diesen Fällen treffen wir auf Hindernisse, sondern diese treten auch oft unerwartet beim Vergleich ammonitenführender Schichten untereinander auf, nicht etwa nur bei überaus weit voneinander entfernten Ablagerungen, sondern unter Umständen sehen wir auffallende Gegensätze und eine Abweichung der Zonenentwickelung bei nicht weit entlegenen Vorkommnissen. So würde man vergeblich alle die Abschnitte, die man in Mitteleuropa unterschieden hat, in der Gegend von Moskau aufsuchen wollen. Wir können

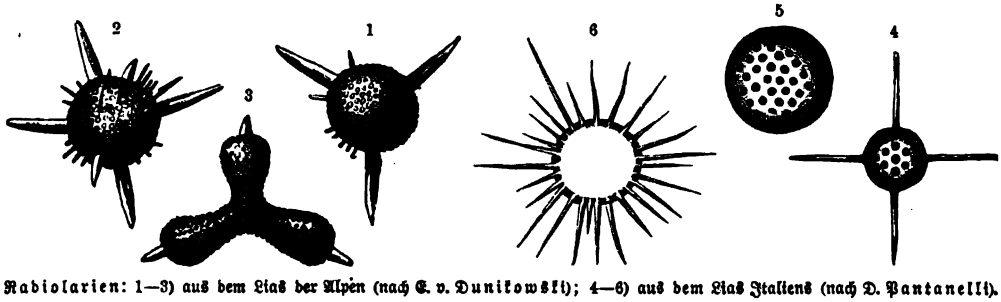
Digitized by Google

diese Abweichungen nicht durch Faciesunterschiede erklären und ebensowenig durch den räumlichen Abstand oder klimatische Unterschiede, sondern müssen nach einer anderen Ursache suchen. Diese kann nur in einem Verkehrshindernis, in dem Vorhandensein einer kontinentalen Trennung liegen; wir haben es in diesen Fällen mit den Angehörigen verschiedener Meeresbecken zu thun, die durch festes Land ganz oder größtenteils voneinander geschieden sind.

Wir erhalten hier zweierlei Resultate: das eine ist, daß die in einer Gegend nachgewiesene Zonengliederung nur für das Meeresbecken Gültigkeit haben kann, dem dieselbe angehört, und daß getrennte Meere selbständige Entwickelung zeigen; das andere, daß wir in der Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit der pelagischen Faunen zweier Gebiete ein Kriterium haben, das uns ein Urteil darüber gestattet, ob die betreffenden Meeresbezirke zur damaligen Zeit in offener Verbindung miteinander waren oder nicht. Darin finden wir das wichtigste Mittel, die Lage der alten Meere und Festländer nachzuweisen. Anderseits hat die Erfahrung gelehrt, daß innerhalb eines und desselben Ozeans gelegene Faunen bei Übereinstimmung in der Zonengliederung in gewissen Einzelheiten, in der Verbreitung gewisser Gattungen voneinander abweichen, und daß diese Verschiedenheiten wesentlich von der geographischen Lage, speziell von nördlicherer oder südlicherer Position, abhängen, und wir können daraus ableiten, daß wir es mit den Wirkungen klimatischer Verschiedenartigkeit zu thun haben. Auf diese Weise ist es uns möglich, durch genaue Untersuchung der Aufeinanderfolge und Verbreitung der Versteinerungen wichtige Schlüsse über die physikalisch-geographischen Verhältnisse der Erde zur Jurazeit abzuleiten. Vorher aber müssen wir die Fauna und die Gliederung des Jura etwas näher kennen lernen.

Die Tierwelt des Jura.

In der Tierwelt treten uns hier zum erstenmal viele und artenreiche Foraminiferenfaunen von fast lauter kleinen, mikroskopischen Formen entgegen, wie wir sie aus keinem früheren Abschnitt der Erdgeschichte in solcher Menge kennen. Hunderte von Arten aus den verschiedensten Horizonten und Gegenden sind schon beschrieben worden, und doch kennen wir sicher erst einen



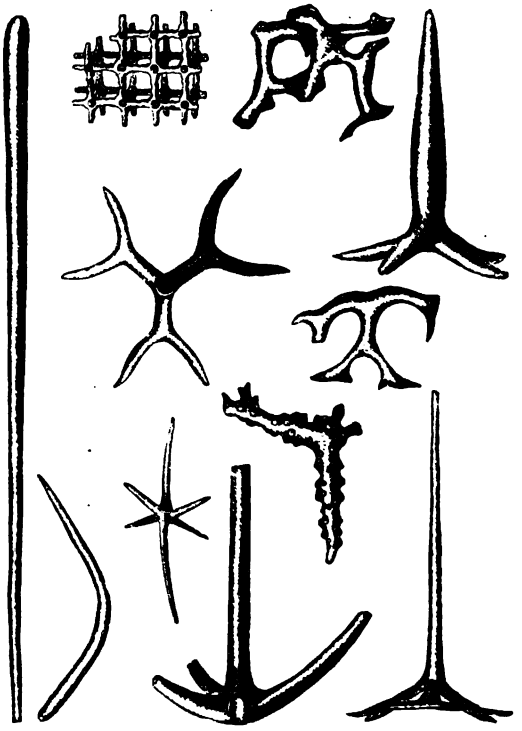
Radiolarien: 1—3) aus dem Lias der Alpen (nach E. v. Dunikowski); 4—6) aus dem Lias Italiens (nach D. Pantanelli). Sämtlich stark vergrößert. Vgl. Text, S. 209.

kleinen Teil der ganzen Menge. Man könnte glauben, daß hier ein bedeutender Unterschied gegenüber den älteren Formationen vorliege, daß die Foraminiferen plötzlich stark zugenommen haben. Das ist aber nicht der Fall, die Abweichung ist nur scheinbar, durch den Erhaltungszustand bedingt. Der Jura enthält eine große Menge plastischer Thone von marinem Ursprung, und aus solchen gelingt es mit Leichtigkeit, durch einfaches Schlämmen die Schälchen zu befreien, während das bei den Thonschiefern und Schieferthonen der älteren Formationen nicht der Fall ist; und bei diesen fehlt daher das einzige Mittel, leicht und bequem die Foraminiferenreste zu gewinnen.

Digitized by Google

Neben ihnen treten auch die überaus zierlichen, winzig kleinen Kieſelgerüſte der Radiolarien (ſ. Abbildung, S. 208) in großer Fülle auf; namentlich die Hornſteine des alpinen Jura beſtehen größtenteils aus dieſen Formen, deren moderner Typus bemerkenswert iſt.

Eine wichtige Rolle ſpielen, wenigſtens in gewiſſen Ablagerungen, die Meerſchwämme oder Spongien und unter ihnen namentlich die Formen mit kieſeligem Skelett, die ſogenannten Kieſelſpongien (ſ. untenſtehende Abbildung), von denen ſchon bei der Schilderung der Silurfauna die Rede war. Unter ihnen ſind namentlich die Hexaktinelliden ſtark vertreten mit ihrem aus überaus zierlichen ſechsſtrahligen Nadeln zuſammengeſetzten Gerüſt und nächſtdem die Lithiſtiden mit unregelmäßig geformten, knorrigäſtigen Skelettelementen und kompaktem, feſtem Bau. In großer Menge erfüllen ihre verſchieden geformten Körper, die die Form von Tellern, Bechern, Kegeln, Cylindern ꝛc. annehmen, gewiſſe Schichten (ſ. Abbildung, S. 210); aber wie ihre Verwandten in der Jetztzeit, ſind auch ſie in ihrem Vorkommen launenhaft und ungleich. Die lebenden Kieſelſchwämme fehlen dem ſeichten Waſſer wie den tiefſten Abgründen des Meeres, ſie nehmen vorwiegend die Mittelregion zwiſchen beiden ein und ſind auf Globigerinenboden (vgl. Band I, S. 629) am reichlichſten entwickelt. Aber auch hier iſt ihre Verbreitung nicht allgemein, auf manchen Strecken ſind ſie in ungeheurer Menge vorhanden, in anderen Regionen ſcheinen ſie zu fehlen, ohne daß es möglich wäre, einen Grund für dies Verhalten anzugeben. Ebenſo iſt es im Jura und ebenſo in der Kreide. An einem Orte iſt ein ganzes Schichtſyſtem von Tauſenden von Spongien erfüllt, während oft nicht weit davon in genau demſelben Horizont kaum eine Spur ihres Vorkommens zu ſehen iſt.



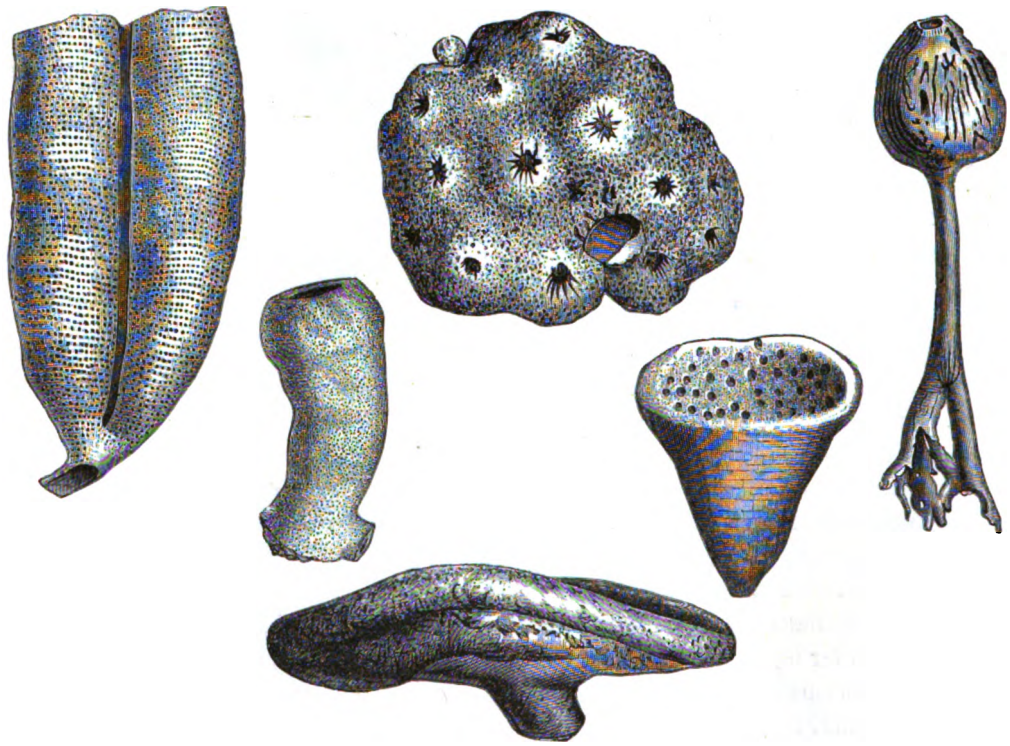
Kieſelnadeln verſchiedener Spongien, bedeutend vergrößert. (Nach Zittel.)

Die Korallen ſind namentlich im oberen Jura Mitteleuropas in außerordentlicher Fülle vorhanden und bilden in Frankreich und der außeralpinen Schweiz eine Menge der ausgezeichnetſten Riffe; weniger reichlich ſind ſolche in England, im nordweſtlichen Deutſchland, in Franken, Schwaben, den Alpen und Karpathen. Der mittlere Jura iſt bedeutend ärmer, der Lias ſogar ſehr arm an Korallen, wenigſtens in den näher unterſuchten Gegenden. Anklänge an paläozoiſche Formen, wie wir ſie noch in der Trias bemerken konnten, fehlen vollſtändig, es herrſchen ausſchließlich die ſechszählig-ſtrahligen Hexakorallien (ſ. Abbildungen, S. 211), die nach demſelben Bauplan angelegt ſind wie die Korallen der Jetztzeit.

Von außerordentlicher Bedeutung ſind die Stachelhäuter oder Echinodermen, namentlich durch zwei ihrer Klaſſen, durch die Seelilien oder Crinoiden und durch die See-Igel oder Echinoiden. Bei jenen finden wir allerdings keine Spur mehr von jener großen Mannigfaltigkeit der Formen, von den Hunderten von Gattungen und Arten der vorpermiſchen Bildungen; wir begegnen nur wenigen Familien. Aber was Häufigkeit des Vorkommens einzelner

Digitized by Google

Arten anlangt, steht der Jura wohl hinter keiner der anderen Formationen zurück, und alle anderen übertrifft er an Größe und reicher Gliederung der Individuen bei einzelnen Arten. Es gilt das namentlich von den Pentacrinen (s. Abbildung, S. 212), die mit vollem Rechte die Könige der Crinoiden genannt zu werden verdienen. Auch in den heutigen Meeren zeigen die mittleren Tiefen noch manchen prächtigen Vertreter der Gattung; aber doch reichen sie bei weitem nicht an die wundervolle Entfaltung, die wir namentlich im Lias finden. Ein langer, schwanker, rankenbedeckter Stiel, aus fünfeckigen Gliedern zusammengesetzt, heftet sich entweder am unteren Ende mit wurzelartiger Ausbreitung an einen festen Körper, oder er liegt, sich gegen unten zu-



Verschiedene Spongien aus Jura und Kreide. Vgl. Text, S. 209.

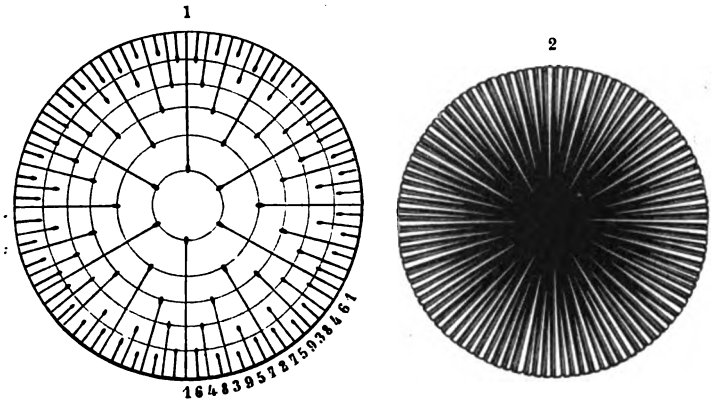
spitzend, frei am Boden des Meeres; am oberen Ende trägt er die mächtige Krone mit verhältnismäßig kleinem Kelch und den mächtigen, oftmals gespaltenen Armen, die mit ihren zahllosen Ästen, Ästchen und Fiederchen ein wahres Chaos, ein „Medusenhaupt", darstellen. Jedes dieser Stücke besteht wieder aus einer großen Anzahl einzelner Kalkpartikeln, so daß Quenstedt die Zahl der gesetzmäßig gelagerten Einzelstücke an einem großen Exemplar auf etwa 5 Millionen schätzte.

Die wunderbarsten Reste dieser Art haben die bituminösen Schiefer des oberen Lias in Württemberg geliefert, namentlich die Steinbrüche von Reutlingen, wo die Schiefer zur Petroleumgewinnung in großartigem Maße ausgebeutet wurden. Von hier stammt jene wunderbare Schieferplatte von 8 m Länge und 5 m Breite, die in der Tübinger Universitätssammlung aufbewahrt wird und von Quenstedt als „Schwabens Medusenhaupt" beschrieben worden ist (s. Abbildung, S. 213). Sie stellt einen Teil einer aus Hunderten ineinander verflochtener Individuen bestehenden Gruppe dar und enthält ein Bündel von 24 wohlerhaltenen Exemplaren, an deren größtem der Stiel 17 m mißt, während die ausgebreiteten Kronen mehr als 1 m

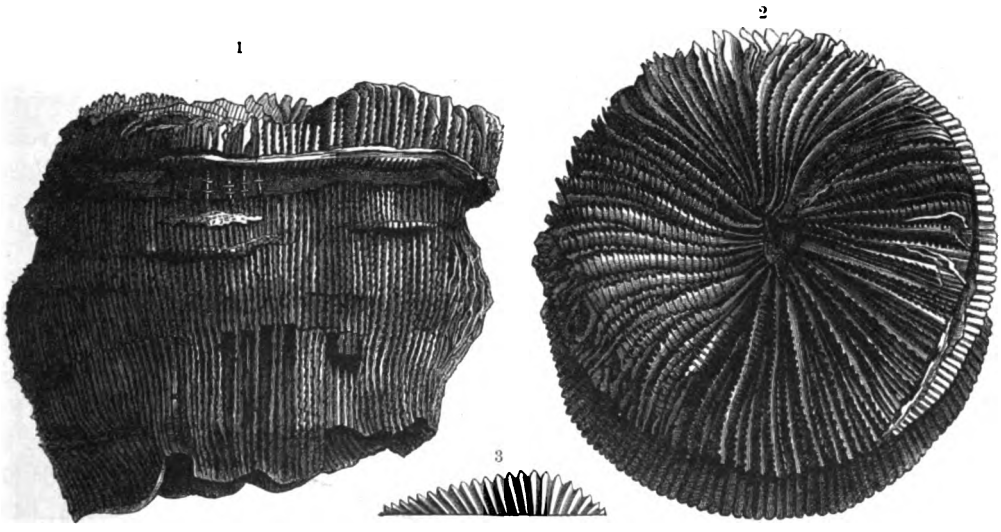
Digitized by Google

Durchmesser zeigen. Im unteren Teile sind die 24 Stiele dicht aneinander gedrängt und spiralig umeinander gewunden, während sie nach oben frei werden und sich in mannigfachen Windungen und Schlingungen ausbreiten.

In grellem Kontrast zu diesen Riesen bilden die Eugeniacrinen und Phyllocrinen kleine, kurzarmige, in sich fest geschlossene Formen, deren Kelch unmerklich in den kurzen, dicken Stiel übergeht. Die merkwürdigen Holopus-Formen des Tertiärs und der Gegenwart, die scheinbar stiellos dem Boden unmittelbar aufsitzen, sind nach O. Jäkel die Nachkommen dieser jurassischen Typen. Von geologischer Bedeutung ist die Gattung Apiocrinus (s. Abb., S. 214, unten, Fig. 1) mit oben verdicktem Stiel, der ebenfalls ohne deutliche Grenze in den Kelch übergeht. Dagegen knüpft sich an die stiellose kleine Comatula aus dem Solnhofer Schiefer ein paläontologisches



1) Schematische Darstellung der Aufeinanderfolge der Septa bei Hexakorallien; 2) Ansicht eines Hexakorallienkelchs, von oben. (Nach Bronn.) Vgl. Text, S. 209.

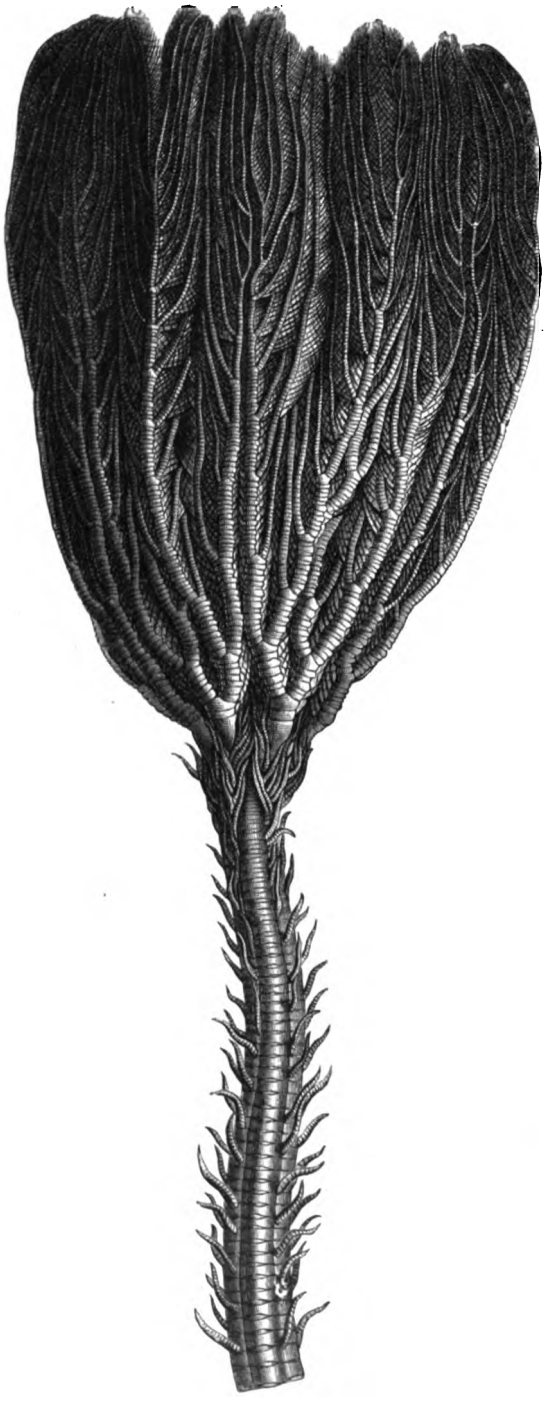


Montlivaultia, aus dem oberjurassischen Korallenkalk von Nattheim in Württemberg: 1) von der Seite, 2) von oben, 3) Rand eines Septums, vergrößert. (Nach Becker.) Vgl. Text, S. 209.

Interesse: die jetzigen Nachkommen dieser Form durchlaufen ein Pentacrinus ähnliches, gestieltes Larvenstadium und wiederholen so im Laufe der individuellen Entwickelung die Stammesgeschichte.

Von größter Wichtigkeit werden im Jura zum erstenmal die See-Igel, die in allen früheren Formationen nur ziemlich selten vorkamen. Normale, reguläre See-Igel, die im Jura weitaus über alle anderen dominieren, zeigen in der Regel eine mehr oder weniger niedergedrückte Kugelgestalt (s. Abb., S. 214, unten, Fig. 2); sie sind ganz mit kalkigen Täfelchen umschlossen, und nur

Digitized by Google



Pentacrinus briaroides, aus dem Lias. (Nach Goldfuß.)
Vgl. Text, S. 210.

oben und unten in den beiden Polen der niedergedrückten Kugel befinden sich zwei große Öffnungen, von denen die untere dem Munde, die obere dem After des Tieres entspricht. Die Platten des Gehäuses sind von zweierlei Art: die einen sind kompakt, die anderen sind von Poren durchsetzt, die für den Durchtritt der kleinen, schlauchförmigen Anhänge des Wassergefäßsystems, der Ambulacralfüßchen, dienen. Diese Platten laufen in regelmäßigen Reihen von oben nach unten, vom After zum Munde, und zwar in der Weise, daß zwei Reihen von Poren durchsetzter Ambulacraltäfelchen, zusammen eine Ambulacralzone bildend, nebeneinander stehen. Dann folgen zwei Reihen undurchbohrter Interambulacraltafeln, dann wieder eine Ambulacralzone ꝛc.; im ganzen treten ausnahmslos fünf ambulacrale und fünf interambulacrale Zonen auf, also, da auf jede Zone zwei Reihen von Täfelchen kommen, im ganzen 20 Tafelreihen. Das ist die für die mesozoischen und jüngeren See-Igel charakteristische Zahl, während die paläozoischen mehr oder weniger als 20 Reihen zeigen, eine Regel, die allerdings, wie oben gezeigt wurde, nicht ganz ohne Ausnahme ist. Die einzelnen Täfelchen sind mit Warzen von wechselnder Größe besetzt, die zum Ansatz für die Stacheln oder Radiolen (s. Abbild., S. 215) dienen. Die Form dieser beweglichen kalkigen Anhänge ist außerordentlich wechselnd, bei manchen fein, dünnen, spitzen Borsten vergleichbar, bei anderen kugelig, stab-, ruder- oder keulenförmig, kurz von mannigfaltiger Form und bei einzelnen von solcher Größe, daß sie den Durchmesser des Gehäuses mehrfach übertreffen. Bei Cidaris finden wir stattliche, keulenförmige Radiolen; doch sind sie nicht extrem entwickelt, wie das bei manchen nahe verwandten Formen der Fall ist, z. B. bei der auf S. 216 abgebildeten Hemicidaris. Von besonderer Wichtigkeit ist die Ausbildung der beiden großen, einander gegenüberliegenden Öffnungen;

Digitized by Google

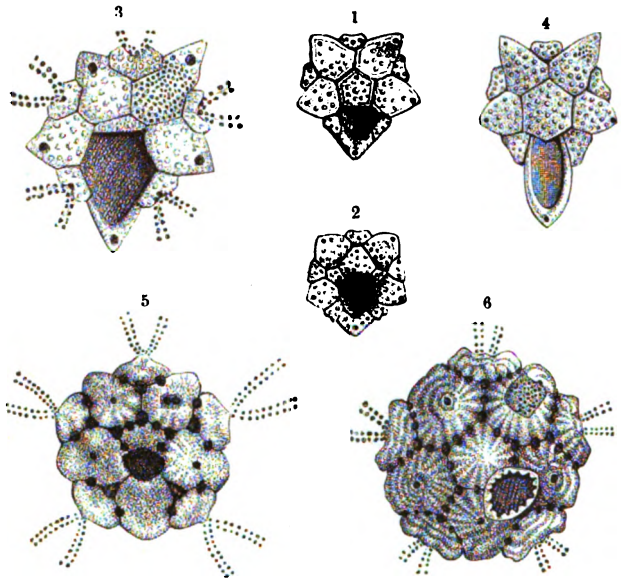
die untere, die Mundöffnung, trägt ein gewaltiges, aus mächtigen Kauladen bestehendes Gebiß; die obere ist teilweise durch eine Anzahl eigentümlich gebildeter Täfelchen verschlossen, von denen zehn einen vollständigen Kranz bilden. Die fünf größeren unter ihnen, die in der Verlängerung der Interambulacralzonen liegen, tragen je eine große Pore für den Austritt der Eier ꝛc., das sind die Eier- oder Genitaltäfelchen; fünf kleinere, zwischen diesen in der Verlängerung der Ambulacra gelegene Platten mit Durchbohrungen sind für den Durchtritt der Augen versehen. Innerhalb dieses Kranzes, der bei fossilen Cidariden nur selten erhalten ist, liegen kleinere Täfelchen und in ihrer Mitte der After. Bei anderen Formen, bei der Familie der Saleniden (s. Abbild., S. 214, Fig. 1—6, oben), ist der Scheitelapparat in der Weise geformt, daß in der Mitte der Augen- und Eiertäfelchen noch eine, seltener mehrere größere Tafeln liegen, wodurch der After innerhalb des Scheitelapparats nach der Seite oder häufiger nach hinten verrückt wird.

Kolonie von riesigen Pentacrinen, aus dem oberen Lias von Reutlingen in Württemberg; sehr verkleinert. (Nach Quenstedt.) Vgl. Text, S. 210.

Durch solche Verschiebung nach hinten wird der Übergang zu einer anderen Abteilung der See-Igel, zu den Irregulären, vermittelt, bei denen der After nicht mehr im Scheitelapparat, sondern außerhalb in dem hinteren Interambulacrum liegt. Hand in Hand damit gehen auch beträchtliche Veränderungen im Scheitelapparat vor sich. Abgesehen davon aber bleibt bei der einfachsten Abteilung der Irregulären, bei den namentlich in Jura und Kreide verbreiteten Pygasteriden (s. Abbild., S. 217, Fig. 1 bis 4), der Charakter unverändert, während bei den Echinoneiden (s. Abb., S. 217, Fig. 5, 9, 10) auch das Gebiß verloren geht und bei den Kassiduliden (s. Abb., S. 217, Fig. 6, 7, 8) die Ambulacralzonen um den Scheitel bogig geschweift und abweichend geformt werden und eine blumenblattförmige, petaloidische, Form annehmen. Den abweichendsten Typus der jurassischen See-Igel endlich stellen die

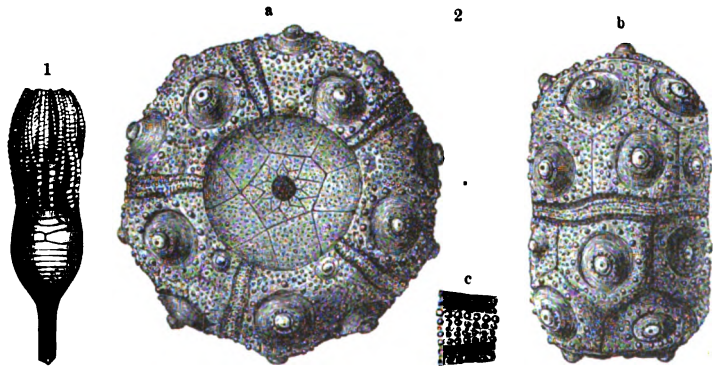
Digitized by Google

Dysasteriden dar, bei denen auch der Mund seine zentrale Stellung verloren hat und in das vordere Ambulacrum geschoben ist; der Scheitelapparat ist seltsamerweise in zwei durch überzählige Platten voneinander getrennte Stücke zerrissen. Infolgedessen laufen auch die fünf Ambulacra nicht nach der Mitte der Oberseite zusammen, sondern drei vereinigen sich im vorderen, zwei im hinteren Stücke des Scheitelapparats (Trivium und Bivium; s. Abbildung, S. 217, Fig. 11—13).



Scheitelapparat verschiedener Saleniden: 1—4) Acrosalenia; 5) Peltastes; 6) Salenia. Vgl. Text, S. 213.

Das Auftreten dieser verschiedenen Formen stimmt gut mit dem Grad ihrer Abweichung von dem ursprünglichen Typus überein. Die regulären See-Igel sind schon in der Trias vorhanden, und auch in den untersten Schichten des Jura sind sie die einzigen Vertreter ihrer Klasse; im mittleren Lias gesellen sich dann zu ihnen die Pygasteriden, der jenen noch am nächsten stehende Typus der Irregulären, und vom oberen Lias an kommen die abweichender gestalteten Formen dazu. Und diese Übereinstimmung der geologischen Aufeinanderfolge mit dem Grade der Abweichung von dem ursprünglichsten Typus liefert einen schwer wiegenden Beweis für die Abstammung aller dieser Gruppen von einer gemeinsamen Stammform, aus der sie sich durch allmähliche Umänderung entwickelt haben.

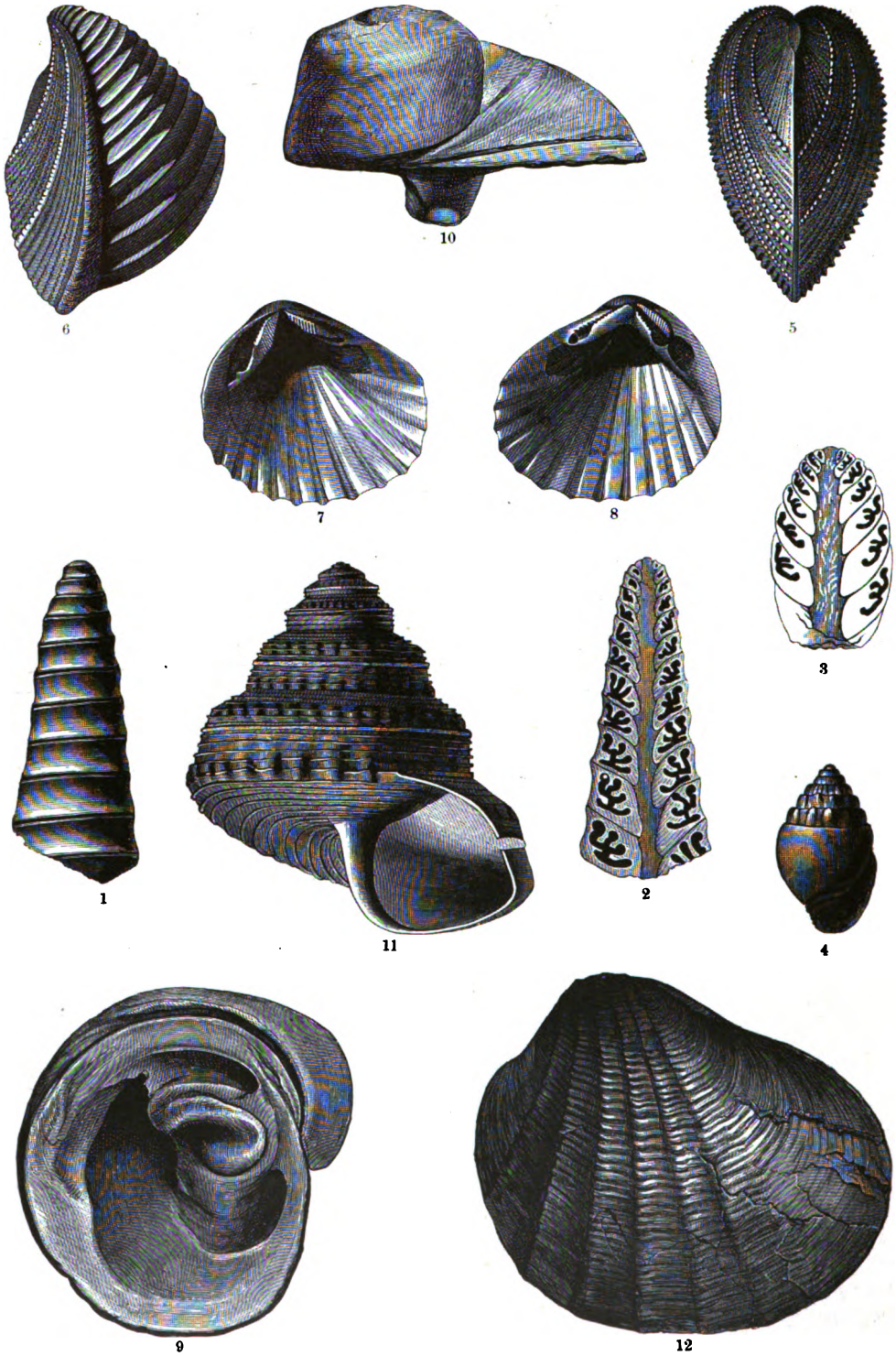


1) Apiocrinus, Krone und oberster Teil des Stieles, aus oberem Jura; 2) Cidaris coronata, aus oberem Jura: a) von oben, b) von der Seite, c) Ambulacrum. (Nach Quenstedt.) Vgl. Text, S. 211.

Die Brachiopoden zeigen im Jura eine verhältnismäßig geringe Entwickelung an Typen. Aber zwei unter diesen sind in großer Artenmenge und großem Individuenreichtum entwickelt, so daß sie immerhin zu den häufigsten Versteinerungen gehören und namentlich in den Alpen gewisse Gesteine fast ganz aus ihren Schalen zusammengesetzt sind. Die Terebratuliden mit den zwei Hauptgattungen Terebratula und Waldheimia, dann die Rhynchonelliden mit Rhynchonella sind es, die vor allen anderen dominieren und mehr als neun Zehntel aller jurassischen Brachiopoden umfassen. Jene stellen den einzigen noch im Aufblühen begriffenen Stamm der ganzen Klasse dar, der hier

Digitized by Google

Digitized by Google

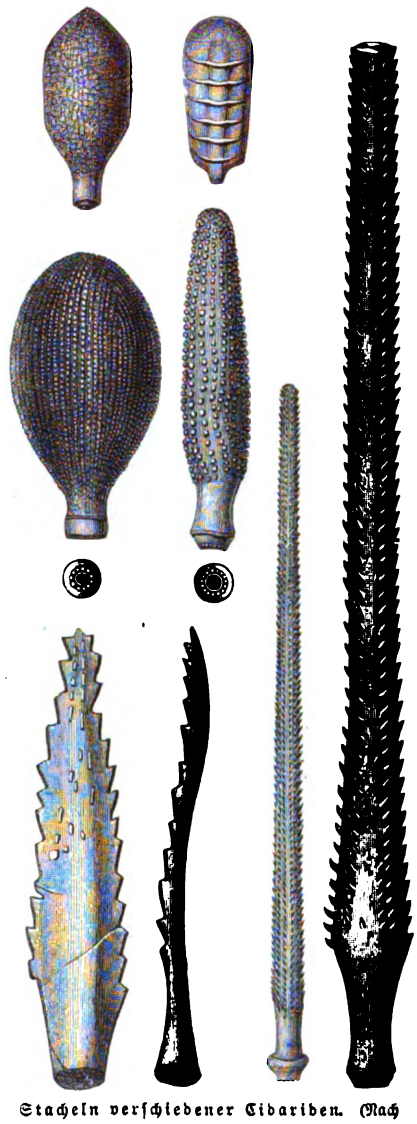


Muſcheln und Schnecken der Juraformation.

Nerineen des obern Jura: 1 u. 4) äußere Anſicht, 2 u. 3) Längsſchnitte. 5 u. 6) Trigonia costata, aus mittlerem Jura. 7 u. 8) Trigonia pectinata, lebend, von Neuholland (um den Bau des Schaleninnern von Trigonia zu zeigen). 9 u. 10) Diceras arietinum, aus oberjuraſſiſchen Korallenkalken Frankreichs. 11) Pleurotomaria anglica, aus dem Lias. (Nach d'Orbigny.) 12) Pholadomya Murchisoni, aus dem mittleren Jura.

Digitized by Google

eine reichere Entwickelung findet als in irgend einer der früheren Perioden, während Rhynchonella ein aus der paläozoischen Zeit herüberreichender, in langsamem Rückgang begriffener Sproß ist. Beide Abteilungen haben wir schon bei Besprechung der paläozoischen Faunen kennen gelernt, und wir brauchen daher nicht weiter dabei zu verweilen. Nur ein Typus der Terebrateln, der durch seine seltsame Gestalt in hohem Grade auffällt und für den obersten Jura und die unterste Kreide der alpinen Provinz im höchsten Grade charakteristisch ist, mag hier genannt werden; es ist das die Gruppe der Terebratula diphya, die bei minder extremer Ausbildung in der Mitte der Stirn überaus stark ausgeschnitten ist, während zu beiden Seiten zwei mächtige Lappen vorragen, die sich bei den extremen Vertretern vorn vereinigen, so daß beide Schalen in der Mitte von einem großen Loche durchbohrt werden (s. Abbildung, S. 218). Man sollte meinen, daß ein so auffallender und einziger Charakter eine Absonderung solcher Formen als selbständige Gattung oder selbst als Familie rechtfertigen würde. Allein gerade dieses so unerhört ausgebildete Merkmal ist sehr variabel: bald schließen sich die Seitenlappen vorn zusammen und umgrenzen ein zentrales Loch, bald ist das nicht der Fall, und es ist dann nur eine tiefe Ausbuchtung der Stirn vorhanden, so daß nach der übereinstimmenden Ansicht der meisten Paläontologen auf diese Abweichung nicht einmal eine Sonderung in verschiedene Arten gegründet werden kann. Es ist das eine treffliche Bestätigung des von Darwin hervorgehobenen Gesetzes, daß Merkmale, die bei irgend einer Formengruppe abnorm ausgebildet sind, hier auch in ungewöhnlich hohem Grade variieren. Von anderen Abteilungen der Brachiopoden sind namentlich noch die Spiriferiden zu nennen, die in der paläozoischen Zeit ihre stärkste Verbreitung hatten und auch in der Trias noch gut vertreten sind; sie erreichen noch den unteren Teil des Jura, den Lias, mit der Gattung Spiriferina, zu der sich noch einzelne seltene abschweifende Typen gesellen, und sterben dann aus, ohne in den mittleren Jura überzugehen. Sonst finden sich noch einzelne Vertreter der Gattungen Lingula, Discina, Crania, Thecidium ꝛc.; im ganzen aber spielen diese eine durchaus untergeordnete Rolle.



Stacheln verschiedener Cidariden. (Nach Desor.) Vgl. Text, S. 212.

Unter den Mollusken sind Muscheln und Schnecken (s. die beigeheftete Tafel „Muscheln und Schnecken der Juraformation") in größter Menge vorhanden; doch ist das Formengewirr so groß, daß wir nur wenige der hervorstechendsten Erscheinungen nennen können. Vor allem ist das erstmalige massenhafte Vorkommen von echten Austern erwähnenswert, von denen teils normale Formen, teils die abweichend geformten, gedrehten Gryphäen und

Digitized by Google

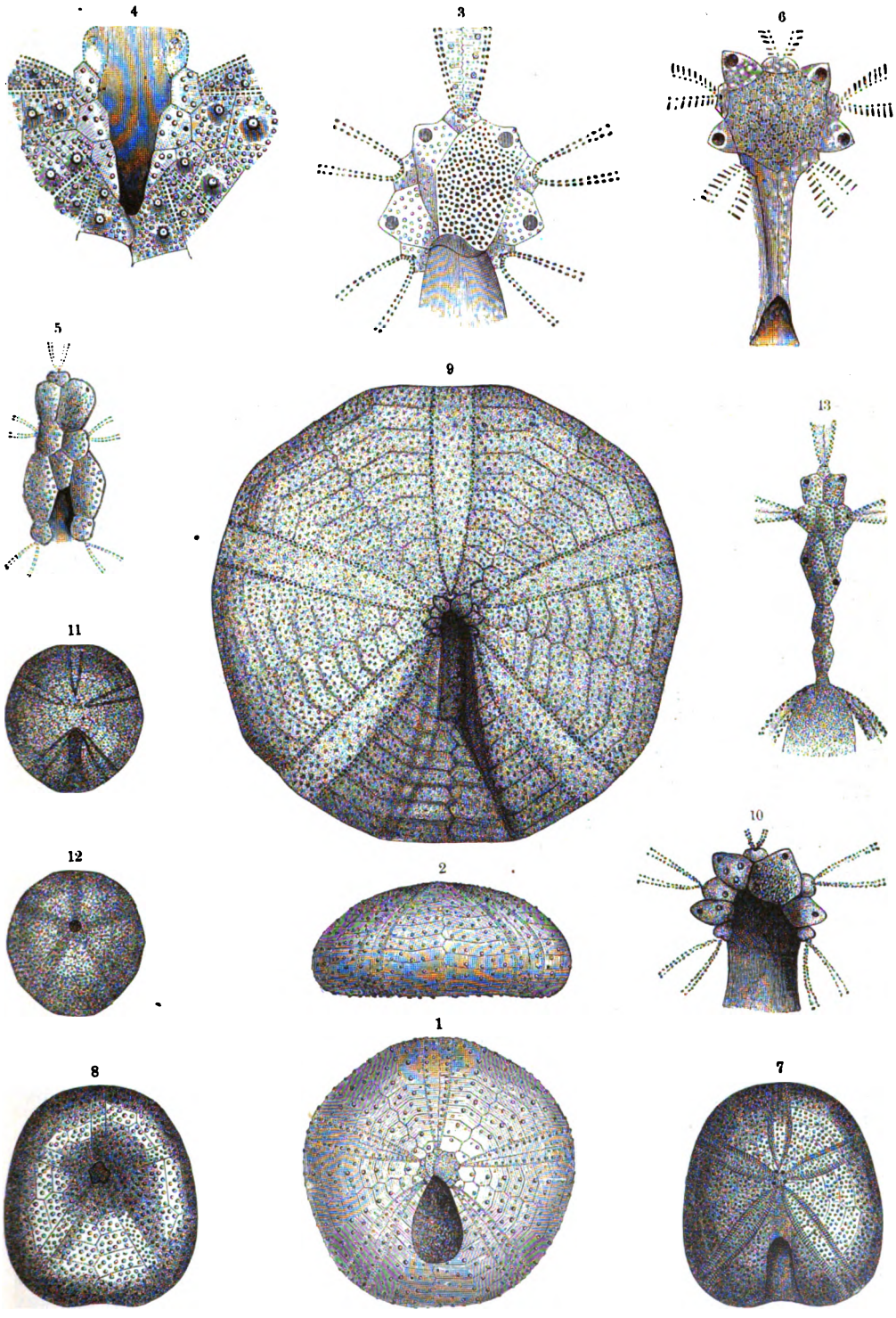
Exogyren häufig sind. Die prächtigen Trigonien mit ihren reichverzierten Schalen, vielleicht die schönsten Muscheln, die je auf Erden gelebt haben, sind in Jura und Kreide überaus verbreitet, während sie in der Jetztzeit nur durch wenige verkümmerte Formen an der australischen Küste vertreten sind. Endlich mögen die Pholadomyen und die überaus dickschaligen, gedrehten Diceraten mit plumpen Schloßzähnen, die typischen Charakterformen der oberjurassischen Korallenriffe, genannt werden; das Gegenstück hierzu unter den Schnecken stellen die Nerineen dar, meist turmförmige Gehäuse mit dicker Schale, die steten Bewohner der Korallenablagerungen, deren wichtigster Charakter in einem Schlitz an der Mündung und in mächtigen Spiralfalten auf der Innenseite der Windungen besteht, die das Lumen der Schalenröhre stark einengen. Von anderen Schnecken sind die schon früher genannten Pleurotomarien, Tro-

Hemicidaris mit teilweise erhaltenen Stacheln. (Nach Desor.) Vgl. Text, S. 212.

chiden, Natica und ein unabsehbares Heer anderer vorhanden (s. die Tafel bei S. 215); und es ist namentlich hervorzuheben, daß die modernen Formen mit Kanal oder Ausguß an der Mündung zum erstenmal zu kräftiger Entwickelung gelangen.

Von viel größerer Wichtigkeit sind die Cephalopoden. Die Ammoniten zeigen allerdings nicht mehr jenen Reichtum verschiedenartiger Typen, der ihnen in der Trias eigentümlich war; aber an Zahl der Arten stellt der Jura den Höhepunkt ihrer Entwickelung dar. Auffallenderweise haben die hier auftretenden Formen mit denen, die in den Ablagerungen der oberen alpinen Trias in so großer Menge vorkommen, nur wenig Ähnlichkeit. Die eine Gattung Phylloceras (s. Abbildung, S. 219), die an ihrer in der Regel glatten Schale, dem engen Nabel, den zahlreichen Loben und den schön gerundeten Sattelblättern leicht kenntlich ist, geht ohne nennenswerte Veränderung aus der alpinen Trias in den Lias über. Auch die Gattung Lytoceras (s. Abbildung, S. 220), mit weitem Nabel, fast gar nicht umfassenden Windungen und paarig geteilten Loben und Sätteln, hat schon in der alpinen Trias ihre Vorläufer und hängt mit den Phylloceratiden auf das innigste zusammen. In rascher Folge entfalten sich in den einzelnen Stufen des Lias formenreiche Ammonitenfaunen; man glaubte eine Zeitlang ihre Vorläufer in

Digitized by Google

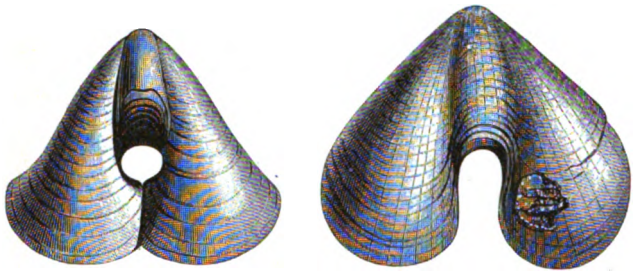


Irreguläre See-Igel der Juraformation: 1—3) Pygaster umbrella; 4) Scheitelapparat von Loriolia; 5) Scheitelapparat von Hypoclypus gibberulus; 6) Scheitelapparat von Clypeus Trigeri; 7, 8) Echinobrissus clunicularis; 9, 10) Galeropygus agaricoides; 11—13) Collyrites Ebrayanus. (Nach Cotteau und Wright.) Vgl. Text, S. 213 und 214.

Digitized by Google

gewissen trachyostraken Arten der Obertrias gefunden zu haben; doch ist die Ähnlichkeit der triadischen Gattung Margarites mit dem liasischen Amaltheus margaritatus, des triadischen Arnioceltites mit dem liasischen Arietites ꝛc. nur äußerlich; es liegt also eine Konvergenzerscheinung vor, und in Wirklichkeit sind die liasischen Formen auf die Gattung Psiloceras zurückzuführen. Diese aber ist nach den Untersuchungen von F. Wähner und E. v. Mojsisovics ohne Zweifel mit den Phylloceratiden auf das innigste verwandt. Von den zahlreichen üppig blühenden Triasformen haben, vielleicht mit Ausnahme einzelner Nachzügler, nur die Phylloceratiden die obere Grenze der Trias überschritten, dieser Stamm aber gelangt zu hoher Blüte. Phylloceras und Lytoceras spielen samt ihren Nachkommen eine wichtige Rolle, und aus Psiloceras entwickeln sich die artenreichen Ägoceratiden im weitesten Sinne.

Diese bilden eine mannigfaltige Gruppe, die durch Übergänge zwischen den einzelnen Abteilungen sowie durch das stete Vorhandensein der Aptychus genannten Gehäusedeckel (s. Abbildung, S. 221) innerlich verbunden ist. Je nach der Beschaffenheit dieser Aptychen kann man mehrere Familien abtrennen, die Ägoceratiden im engeren Sinne mit einteiligem, hornigem Aptychus (Anaptychus), die Harpoceratiden mit zwei langgestreckten, gerippten Aptychen und die Stephanoceratiden mit zweiteiligen, breiten, gekörnten oder glatten Aptychen. Von diesen drei Abteilungen ist die erste ganz auf unteren und mittleren Lias beschränkt, während die beiden anderen im mittleren Lias beginnen und sich von da durch den Rest des Jura und die Kreidezeit erhalten. Wir gehen hier nicht näher auf die Charakteristik einzelner Formen ein, die wichtigsten Typen werden wir ohnehin bei Besprechung der einzelnen Abteilungen des Jura kennen lernen.



Terebratula Janitor, geschlossene und offene Form, aus dem obersten Jura der Alpen. Vgl. Text, S. 215.

Neben den Ammoniten nehmen die Belemniten eine hervorragende Stelle ein; es sind das die Nachfolger der triadischen Aulacoceras, nackte Formen mit inneren oder halbinneren Schalenteilen. Die Alveole oder der Phragmokon, eine gekammerte, gerade oder kaum merklich gekrümmte, kegelförmige Schale, die an ihrem oberen Ende auf einer Seite zu einem mächtigen Schulpe vorgezogen ist, steckt mit dem spitzen Ende in einem spieß- oder keulenförmigen, kompakten Stück von ausgezeichnet kristallinisch-strahligem Kalkspat. Vollständige Exemplare sind selten; öfter finden sich solche, an denen das spitze untere Ende der Alveole noch in der Kalkkeule steckt, am häufigsten aber diese, das Rostrum, allein. Namentlich, wo mergelige Liaslagen an der Oberfläche anstehen, kann man diese „Donnerkeile" und ihre Bruchstücke zu Tausenden auflesen (s. Abbildung, S. 222).

Von wirbellosen Tieren sind noch die Krebse oder Krustaceen zu nennen, deren Reste zwar im Jura weithin verbreitet sind, aber im allgemeinen zu den seltenen Vorkommnissen gehören. Nur in den Solnhofener Schiefern, dieser berühmtesten Versteinerungslagerstätte der ganzen Erde, hat man eine überaus reiche Zahl von Krustaceen gefunden; unter ihnen sind namentlich die langschwänzigen Dekapoden oder Zehnfüßer außerordentlich häufig, jene Abteilung, zu der unser gemeiner Flußkrebs und der Hummer gehören. Die Abbildungen auf S. 223 und 224 stellen einige interessante Formen aus dieser Abteilung dar: Mecochirus mit riesig entwickeltem, eine gewaltige Klaue tragendem vorderen Beinpaar, Penaeus, eine häufige Form mit

Digitized by Google

mächtigem Stirnstachel, Cancrinus mit den wunderbaren keulenförmigen Fühlern, Pseudastacus, ein naher Verwandter des lebenden Flußkrebses, ꝛc. Von besonderem Interesse ist die Gattung Eryon (s. Abbild., S. 224, Fig. 2), die zwischen langschwänzigen Krebsen und kurzschwänzigen Krabben in der Mitte steht und überdies mit einer blinden Form, die jetzt in den großen Meerestiefen lebt, mit der Gattung Willemoesia, aufs innigste verwandt ist. Von anderen

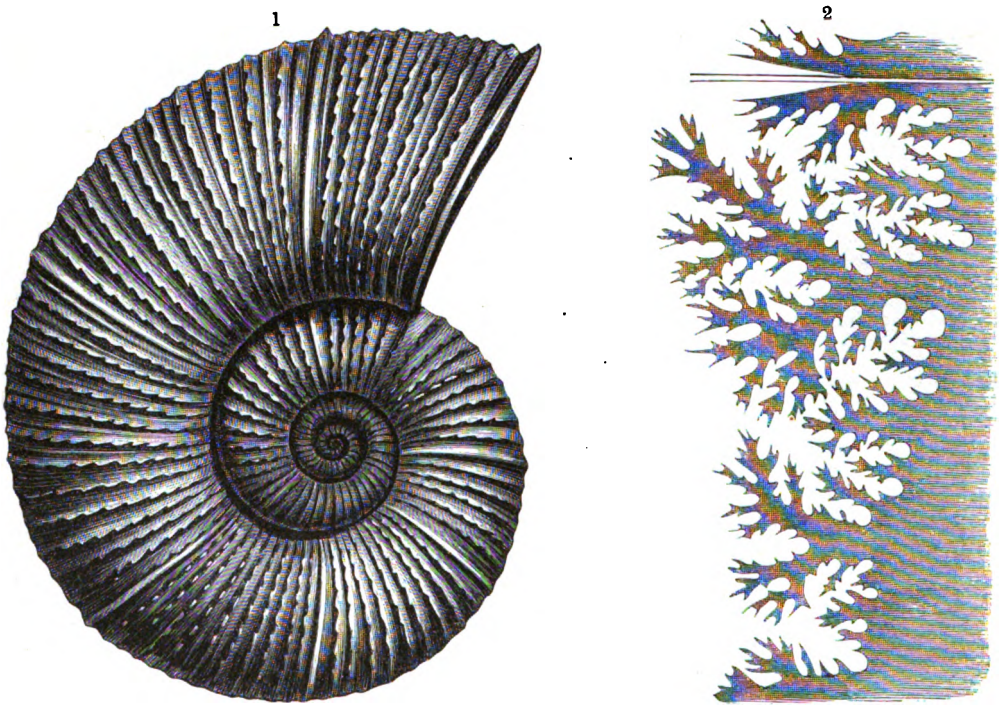
Phylloceras Zetes, aus dem Lias: 1) Frontansicht; 2) Flankenansicht. (Nach Quenstedt.) Vgl. Text, S. 216.

Krustaceen sind die ältesten Krabben (s. Abbild., S. 225, Fig. 2) vereinzelt im mittleren Jura Englands und etwas häufiger im oberen Jura Deutschlands. Außerdem sind vereinzelte Isopoden und Stomatopoden (s. Abbild., S. 225, Fig. 3 und 4) sowie Molukkenkrebse aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen zu nennen, ferner verschiedene Muschelkrebse, Cirripedier und Blattfüßer; doch sind alle diese Vorkommnisse verhältnismäßig von geringer Bedeutung.

Viel weniger als von den marinen Typen wissen wir von den wirbellosen Tieren des festen Landes und des süßen Wassers. Überaus seltene Landschnecken, ziemlich dürftige Süßwasserschnecken und Muscheln aus dem mittleren und dem obersten Jura repräsentieren die

Digitized by Google

Mollusken. Die Spinnentiere sind nur durch ein Geschlecht, Sternarthron, aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen vertreten, eine merkwürdige, mit Schwanzanhang und langen, dünnen Beinen versehene Form, die mit der rezenten, ganz isoliert dastehenden Koenenia verwandt ist. Überaus reich ist dagegen die Insektenfauna des Jura. Namentlich der Lias von den Schambelen im Kanton Aargau, der Lias von Dobbertin in Mecklenburg, der Schiefer von Stonesfield, die Purbeckschichten und Solnhofen haben zahlreiche Formen geliefert, die sich eng an die Typen der Gegenwart anschließen. Von Käfern (s. Abbildung, S. 225, Fig. 5—8) kennt man zahlreiche Rüsselkäfer, Prachtkäfer, Laufkäfer, Schnellkäfer, Bockkäfer und die pilzbewohnenden Mycetophagiden. Als Schmetterlinge, und zwar Schwärmer, betrachtet man gewisse Reste



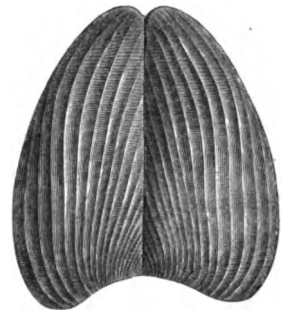
Lytoceras fimbriatum, aus dem Lias: 1) Seitenansicht, 2) Loben. (Nach Wright.) Vgl. Text, S. 216.

von Solnhofen, die aber möglicherweise nur große Cikaden sind. Dieselbe Lokalität enthält prächtige Libellen, deren zartes Flügelgeäder oft mit unübertroffener Klarheit erkennbar ist (s. Abbild., S. 225, oben), ferner Wasserkäfer, Eintagsfliegen und große Cikaden. Reich vertreten sind die Geradflügler, die Termiten und auch echte Netzflügler und Halbflügler; namentlich Fliegen und Wanzen sind reich entwickelt. Manche Käfer sollen nach einigen Autoren eher auf ein gemäßigtes als ein warmes Klima hinweisen, während andere Formen, wie die Termiten, aber auch die Laternenträger, die Prachtkäfer und die Singcikaden in der Jetztzeit die warmen Klimate bevorzugen. Die Verwandtschaft dieser reichen Insektenwelt mit der jetzt lebenden Fauna ist augenscheinlich innig. Waren aber auch schon damals die geselligen Triebe entwickelt, die wir z. B. an den heutigen Ameisen und Termiten bewundern, bestanden auch damals schon ähnliche Beziehungen zwischen der Pflanzen- und Insektenwelt wie gegenwärtig? Konnten überhaupt solche Beziehungen existieren, da doch die Flora von der heutigen wesentlich verschieden war?

Über die Wirbeltiere des Jura wissen wir erheblich mehr als über die der Trias. Es liegt kein Grund zur Annahme vor, daß in der einen Formation etwa mehr Vertreter davon gelebt hätten

Digitized by Google

als in der anderen. Der Unterschied beruht lediglich darauf, daß wir aus dem Jura eine Anzahl von Schieferablagerungen kennen, in denen ganze Exemplare begraben zu sein pflegen, und daß diese Schiefer vielfach in großen Steinbrüchen ausgebeutet und infolgedessen die Fossile gesammelt werden. Nur zu leicht vergißt man die Bedeutung dieser äußeren Umstände und ist dann geneigt, das, was lediglich von solchen Zufälligkeiten abhängt, als wirkliche Charaktere der Fauna eines Zeitabschnittes zu betrachten. So gehören z. B. fast die Hälfte aller langschwänzigen Krebse, die wir aus dem Jura kennen, dem lithographischen Schiefer an, der nur eine einzige unter den 33 Zonen repräsentiert; aber es ist deswegen nicht der geringste Grund zu der Annahme vorhanden, daß während seiner Ablagerung mehr Krebse gelebt hätten als während anderer Zeiten der Juraformation. Und ähnlich verhält es sich mit den Fischen, Reptilen und Insekten. Der Solnhofener Schiefer repräsentiert uns ein überaus feinkörniges Sediment aus einigen seichten Buchten mit ruhigem Wasser, wo namentlich Krebse, Fische und Reptile in verhältnismäßig großer Zahl lebten, und wohin vom nahegelegenen Lande häufig fliegende Insekten gelangten; dagegen waren die gewöhnlichen marinen Vorkommnisse in den typischen Schiefern und lithographischen Steinen ungemein selten. Daß die Zahl der von hier bekannten Tierarten so bedeutend ist, verdankt man lediglich der technischen Nutzbarkeit des Materials; die feinkörnigsten Kalkplatten dienen für die Lithographie, die gröberen als Bodenfliesen, die ausgesprochen schieferig spaltenden Varietäten als Dachplatten, und infolgedessen wird dieser Horizont auf meilenweite Strecken, wo er sich findet, in zahllosen Steinbrüchen ausgebeutet. Auf dem Plateau oberhalb Solnhofen reiht sich Bruch an Bruch, so daß auf weite Strecken der ursprüngliche Boden geradezu verschwunden ist. Viele Millionen von Platten werden jährlich gebrochen, und infolge der hohen Preise, die von Sammlungen und Liebhabern gezahlt werden, heben die Arbeiter jedes Exemplar auf, das sie finden. Nur diesen Umständen ist es zu danken, daß wir diese herrliche Fauna kennen; denn an und für sich ist der Schiefer arm an Versteinerungen.



Aptychus lamellosus, aus oberem Jura. Vgl. Text, S. 218.

Außerdem sind an bekannten Wirbeltierlokalitäten in Deutschland namentlich die schwarzen, bituminösen Schiefer des oberen Lias in Franken und Schwaben, ferner der obere Jura der Umgebung von Hannover zu nennen. In England haben die bituminösen Schiefer des unteren und des oberen Lias, die im oberen Teile des mittleren Jura gelegenen Schiefer von Stonesfield, die oberjurassischen Kimmeridgethone und die Süßwasserablagerungen von Purbeck zahlreiche Wirbeltierreste geliefert. Fügen wir dazu noch den mittleren Jura (Bathonien) der Normandie und den oberen Jura von Solothurn in der Schweiz, so sind die wichtigsten Fundstellen Europas erschöpft. Einen geradezu fabelhaften Reichtum der merkwürdigsten Formen liefert zur Jurafauna als unerschöpflichste Fundgrube von Wirbeltierresten das Land zwischen dem Felsengebirge und der Sierra Nevada im westlichen Nordamerika, von wo Marsh eine Ausbeute heimgebracht hat, wie sie kein Museum der Welt mehr enthält.

Ein Heer verschiedenartiger Fische ist aus dem Jura bekannt geworden, unter denen, wie bisher, die schmelzschuppigen Ganoiden den ersten Platz in unseren Sammlungen einnehmen. Nirgends finden wir die großen, glänzenden Schuppen schöner entwickelt als bei den Lepidotus (s. Abbildung, S. 226, unten), Dapedius und anderen verwandten Gattungen des Jura; gegen die paläozoischen Typen läßt sich im großen und ganzen ein Unterschied in der Entwickelung der Schwanzflosse erkennen, weil deren beide Lappen bei den jurassischen Formen gleichwertig zu sein pflegen. Vielleicht noch häufiger waren, nach der Menge isolierter Zähne zu urteilen, die

Digitized by Google

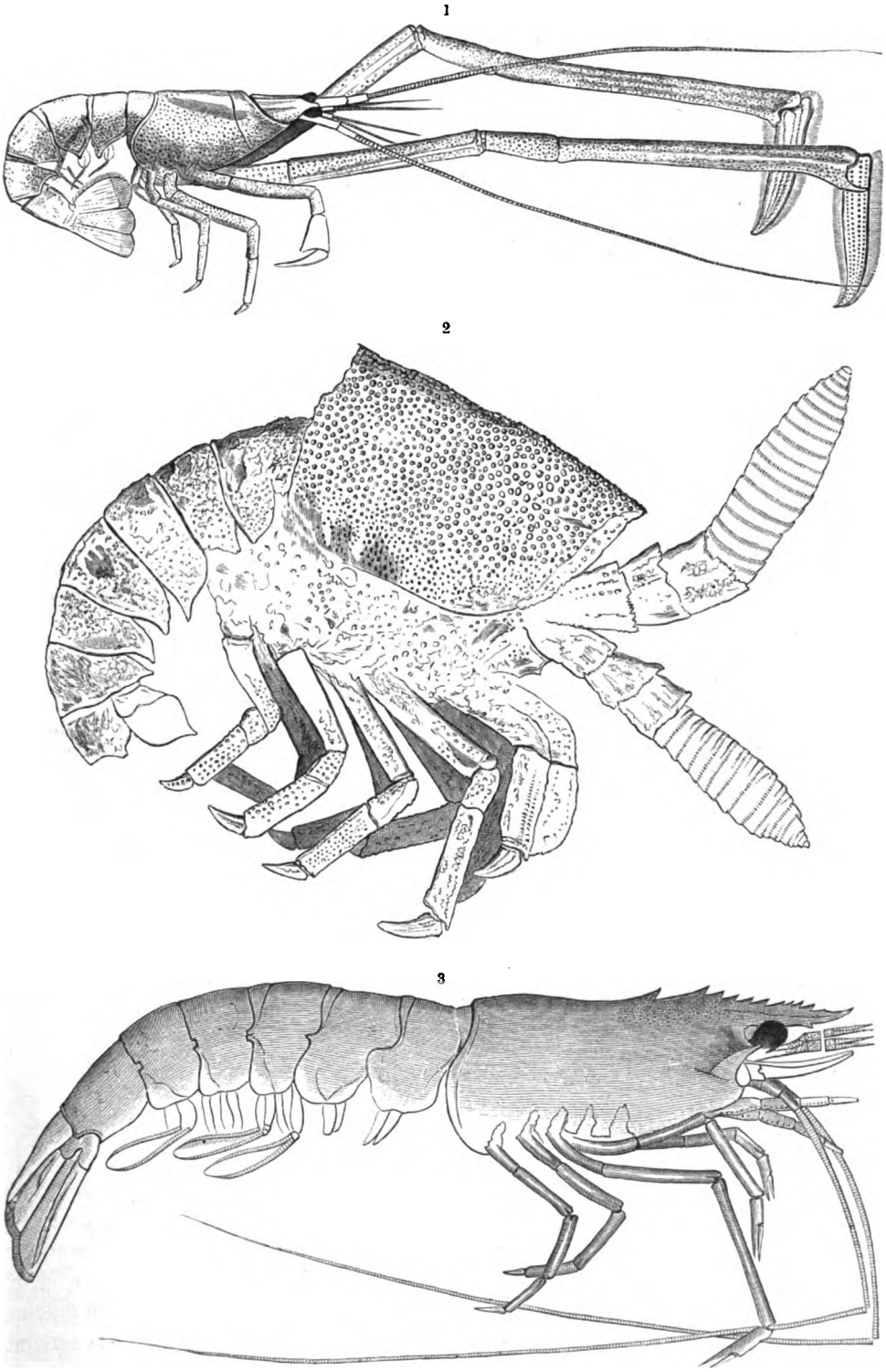
Selachier, die haifischähnlichen Typen; doch sind wir infolge ihres knorpeligen Skelettbaues in der Regel auf die einzelnen Trümmer beschränkt, und nur ausnahmsweise kommen, namentlich bei Solnhofen, vollständige Exemplare vor, darunter Meerengel (Squatina), die in ihrer Form eine Mittelstellung zwischen Haien und Rochen einnehmen, und Chimären.

Neben diesen dominierenden Formen tritt bescheidener, wie es scheint, eine neue Gruppe von Fischen auf, die bald die Oberherrschaft über alle anderen zu gewinnen bestimmt ist: die ersten Teleostier oder Knochenfische, zu denen namentlich die Gattung Leptolepis gehört (s. Abbild., S. 226, oben). Kein Merkmal in ihrem Bau unterscheidet sie von den normalen Teleostiern, die dann schon in der Kreide eine bedeutende Rolle spielen; trotzdem müssen wir uns daran erinnern, daß die entscheidenden Unterschiede zwischen Teleostiern und Ganoiden nicht im Skelettbau, sondern in der Anatomie der Weichteile, in der Entwickelung der Sehnerven, der großen Herzschlagader und des Darmes gegeben sind. Wenn wir also auch die Zugehörigkeit dieser juraſſischen Formen zu den Teleostiern als sehr wahrscheinlich betrachten können, so ist doch ein entscheidender Beweis dafür nicht erbracht.

Belemnites Calloviensis, aus dem untersten Teile des oberen Jura. Vgl. Text, S. 218.

Auffallend ist der vollständige Mangel an Amphibien im Jura; in um so größerer Menge treten die Reptile hervor, deren Bedeutung für die mesozoische Fauna schon hervorgehoben wurde. Das bekannteste Tier ist wohl der Ichthyosaurus, den Scheffel in seiner berühmten Ballade („Es rauscht in den Schachtelhalmen") verherrlicht hat (s. Abbild., S. 227 und 228). Wohl fehlen Vertreter dieser Gattung in keinem Teile des Jura, und sie setzen sich auch in bedeutend verminderter Zahl in der Kreide fort, aber weitaus am häufigsten und schönsten erscheinen sie in Frankens und Schwabens, nächstdem in Englands Posidonienschiefern des oberen Lias. In gewissen Lagen der Schieferbrüche von Holzmaden und anderen Orten in Württemberg kommen sie in solcher Menge vor, daß man nicht auf zufällige Funde angewiesen ist, sondern ihrer so viel zu Tage gefördert werden können, als überhaupt zu verkaufen sind. Von den winzigsten Exemplaren an bis zu mächtigen Riesentieren liegen sie, „wie eingewickelte Mumien" in Kalk eingebacken, bald in guter, bald in schlechter Erhaltung, und es kostet immerhin Arbeit, sie aus dieser Hülle herauszuschälen. Lebhaft schildert O. Fraas das Treiben an den schwäbischen Saurierfundorten: „In den Schiefern, welche in offenen, 15—20 Fuß tiefen Gruben ausgebeutet werden, liegt durchschnittlich auf einer Quadratrute Oberfläche ein ‚Tierle', wie der Arbeiter die Saurier nennt. Da liegen sie in ihren vieltausendjährigen Steinsärgen von Schiefer dicht umhüllt, nur die rohen Umrisse erkennt man wie bei den in Leinwand gewickelten Mumien. Man sieht den Kopf durchblicken, die Wirbelsäule, die Lage der Extremitäten, die ganze Länge des Tieres, und raschen Blickes erkennt an dieser Form schon der Arbeiter, ob es ein Tier mit Flossen ist (Ichthyosaurus) oder mit Pratzen (Teleosaurus). Ist doch ein Pratzentier ums Dreifache mehr wert als eins mit Flossen. Aber nicht danach bloß richtet sich der Preis: das Wichtigste ist, wie oder wo das Tier liegt, ob in festem, dauerhaftem Gestein, ob es Schwefelkies führt, was leider die schönsten Stücke oft unbrauchbar macht, und namentlich, ob dem Stücke nichts fehlt, wenn die Platte durch das Schrämmen oder durch natürliche Abgänge entzweiging. Bis zu 100 Gulden wird für ein vollständiges Tier bezahlt. Der Arbeiter thut keinen Schritt zum Verkauf des Fundes, er stellt ihn ruhig zur Seite, weiß er doch, daß fast von Woche zu Woche die Käufer kommen, die Unterhändler der Kabinette und wissenschaftlichen Sammlungen. Kein Pferdehandel wird je mit solchem Eifer abgeschlossen, mit solchem Aufgebot aller Beredsamkeit

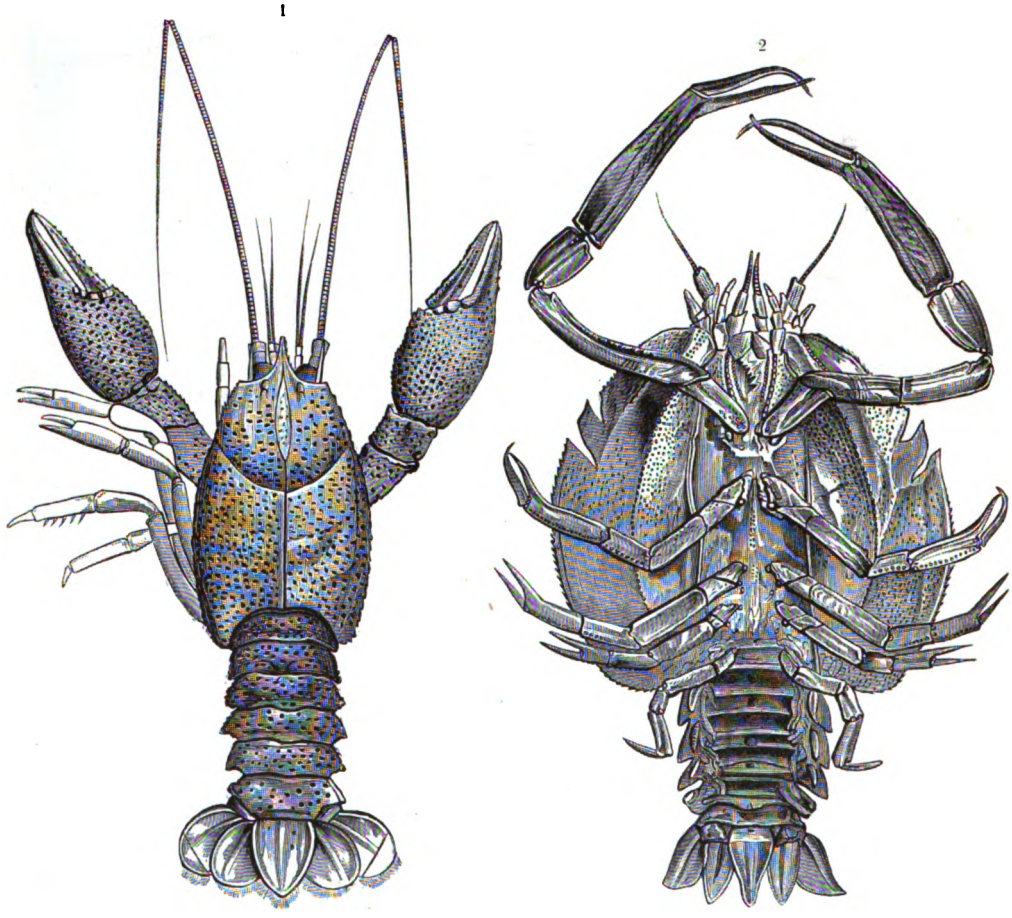
Digitized by Google



Krebse des Solnhofener lithographischen Schiefers: 1) Mecochirus; 2) Cancrinus; 3) Penaeus. (Nach Oppel.)
Vgl. Text, S. 218.

Digitized by Google

und aller Künste und Kniffe, als der Saurierhandel, und keiner erfordert nebst genauer Kenntnis der Stücke so viele Schlauheit, um nicht, da ohnehin die Katze im Sacke gekauft wird, zu Schaden zu kommen. Kein Kauf endlich kommt zu stande, ohne daß der Käufer noch die besondere Verpflichtung eingehen muß, mit verschiedenen Wein- und Mostflaschen den gefallenen Helden eine Totenfeier zu veranstalten." In Franken ist die Sammlung des ehemaligen Klosters Banz bei Lichtenfels am Main durch ihre ausgezeichneten Ichthyosaurus-Reste berühmt, die aus der dortigen Umgebung stammen.

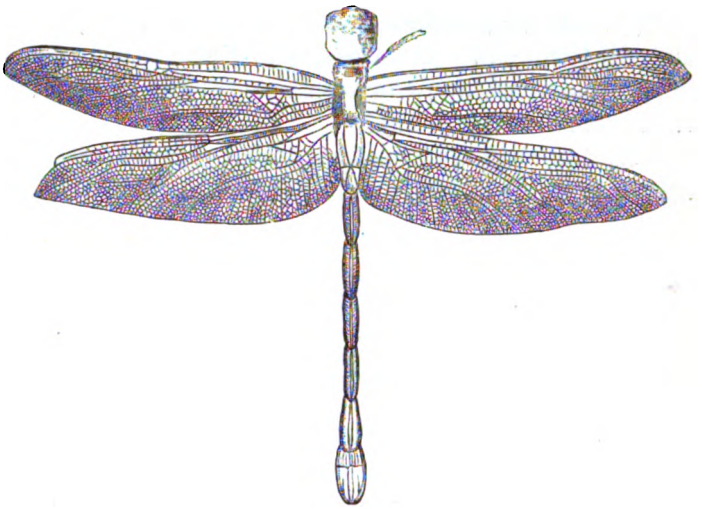


Krebse des Solnhofener lithographischen Schiefers: 1) Eryma; 2) Eryon. (Nach Oppel.) Vgl. Text, S. 218 u. 219.

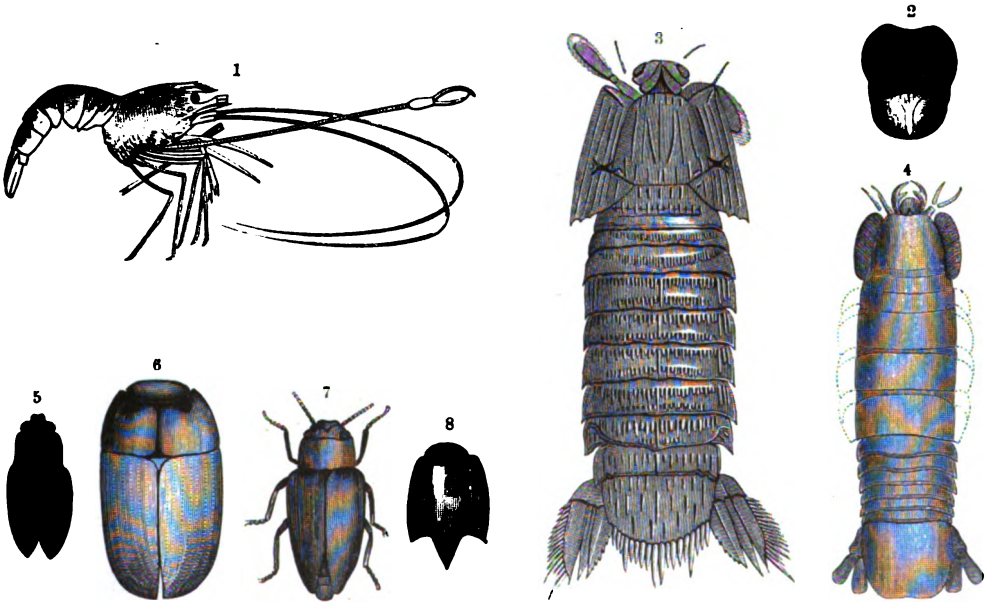
Von diesen zahlreichen Ichthyosaurus-Funden ist der interessanteste erst vor kurzer Zeit erfolgt: ein Exemplar, das fast den ganzen Körperumriß sowie große Teile der Haut und selbst der Muskulatur erkennen läßt (s. Abbildung, S. 228). Hatte man bisher schon angenommen, daß die Ichthyosauren ungefähr die Gestalt der Delfine, mit langer, schmaler Schnauze und kurzem Halse besessen haben, so hat dies nun eine Bestätigung erfahren. Ganz unerwartet aber waren das Vorhandensein von Rückenflossen und die Ausbildung der Schwanzflosse. Eine große dreiseitige Rückenflosse erscheint durch mehrere Hautlappen, die an die entsprechenden Bildungen bei unseren Salamandern erinnern, mit einer großen zweilappigen Schwanzflosse verbunden. Diese hat eine gewisse Ähnlichkeit mit der heterocerken Schwanzflosse vieler Ganoidfische. Während aber bei diesen die Wirbelsäule in den oberen Lappen eintritt, die Flosse also als Gebilde

Digitized by Google

der Bauchseite zu erkennen ist, biegt die Wirbelsäule von Ichthyosaurus in den unteren Lappen ein, und die Schwanzflosse ist hier ein Hautanhang des Rückens. Am Beginn der Schwanzflosse ist daher die Wirbelsäule nach unten scheinbar geknickt, was man schon oft vorher beobachtet und mit dem Vorhandensein einer Fettflosse in Zusammenhang gebracht hatte, die durch ihr Gewicht das Schwanzende der Wirbelsäule abwärts gezogen haben sollte. Wie der Schwanz waren auch die Extremitäten in Schwimmorgane umgestaltet; der Oberarm und Oberschenkel sind verkürzt und derb gestaltet, alle anderen Knochen sind polygonale Tafeln, die zu einer kompakten, ovalen oder schaufelförmigen Flosse vereinigt sind. So weit ist die Anpassung der Extremitäten an das Wasserleben gediehen, daß selbst die Fünfzahl der Finger nicht mehr festgehalten wird, sondern



Wasserjungfer (Petalia longialata), aus dem Solnhofener lithographischen Schiefer. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 220.



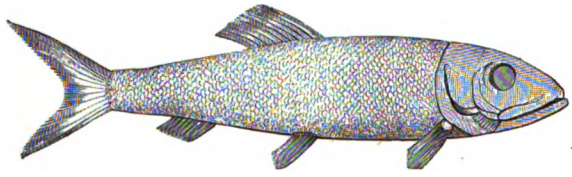
1—4) Krebse des Solnhofener lithographischen Schiefers: 1) Blaculla (nach Oppel); 2) Prosopon Stotzingense, Kopfbrustschild einer oberjurassischen Krabbe; 3) Sculda pennata, ein Stomatopode; 4) Urda rostrata, ein Isopode (nach Kunth); 5—8) Käfer, aus dem unteren Lias der Schambelen (nach Heer). Vgl. Text, S. 219 u. 220.

durch Teilung einiger Finger eine Vermehrung der Fingerzahl und dadurch eine scheinbare Annäherung an die Fische bewirkt wird.

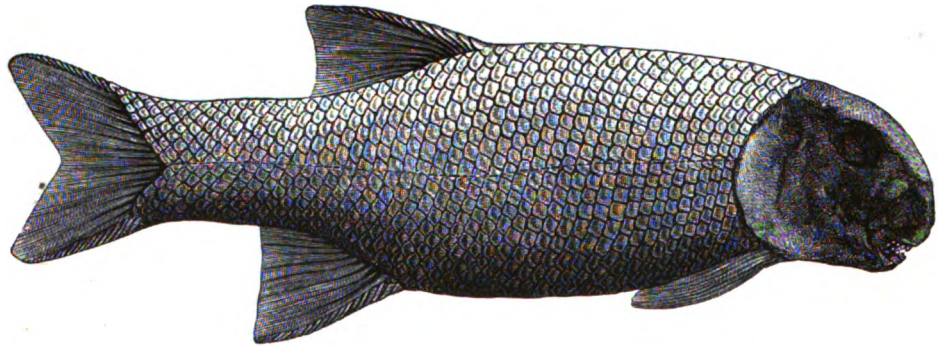
Digitized by Google

Am Schädel fällt die Schmächtigkeit der Kiefer auf. In den Kiefern steckt eine große Anzahl spitziger Zähne, aber nicht in eignen Zahngruben, sondern in einer gemeinsamen Rinne. Das Auge ist von einem mächtigen Knochenring umgeben (s. Abbildung, S. 227, oben). Der Rumpf besteht aus zahlreichen platten Wirbeln, die, ein sicheres Zeichen niederer Organisationsstufe, auf beiden Seiten stark ausgehöhlt, bikonkav waren. Die Rippen waren sehr schlank und setzten sich mit doppelten Gelenkköpfen an die Wirbel an. Die Haut war vollkommen glatt, an den Extremitäten leicht gerunzelt.

An einer Reihe von Exemplaren hat man nachweisen können, daß die Ichthyosaurier lebendige Junge zur Welt brachten: man hat eine Reihe fossiler Weibchen in interessanten Umständen gefunden. Wenn man dagegen eingewendet hat, daß in solchen Fällen ein großer Ichthyosaurus einen kleinen mit Haut und Haaren verschluckt habe, so geschah dies mit Unrecht. Man kennt in vielen Fällen den Mageninhalt von Ichthyosaurus und hat gefunden, daß er aus stark verkleinerten Trümmern von Fischen, Cephalopoden ꝛc. besteht, das Tier also seine Nahrung nicht ganz hinabschlang; ferner liegen die kleinen Exemplare in der Leibeshöhle hinter dem Magen, sie hätten also diesen passieren müssen, ohne daß bei der Verdauung die mindeste Beschädigung oder Zerreißung des



Leptolepis, aus dem Solnhofener Schiefer. Vgl. Text, S. 222.



Lepidotus gigas, aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 221.

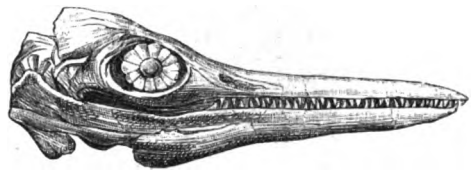
Skeletts erfolgt wäre; endlich konnte E. Fraas bei einem ganz kleinen Embryo sogar die fötale Krümmung nachweisen. Die Ichthyosauren waren als echte Meerestiere offenbar nicht in der Lage, ihre Eier an entsprechenden Örtlichkeiten abzulegen, und wurden so durch ihre Lebensweise zur Viviparität gedrängt.

Die Ichthyosauren hatten in ihrer Schwanzflosse ein kräftiges Schwimmorgan, das hauptsächlich den Vorstoß besorgte; darin wurde der Schwanz von den paarigen Extremitäten, besonders den vorderen, entsprechend unterstützt, während die Rückenflossen offenbar als Steuer dienten. Gleich den Fischen und den Cetaceen schossen sie mit großer Behendigkeit durch das nasse Element und waren, wie wir aus der Bezahnung entnehmen können, gefräßige Raubtiere. So vortrefflich erscheinen sie der Lebensweise auf hoher See angepaßt, daß alle Organe dadurch mehr oder weniger betroffen und einer tiefgreifenden Umgestaltung unterzogen wurden. Es ist daher schwer, die für die Verwandtschaftsverhältnisse dieser merkwürdigen Gruppe bezeichnenden Merkmale von dem Gesamtbild loszulösen. Man ist bis jetzt nicht in der Lage, die Ichthyosauren mit irgend

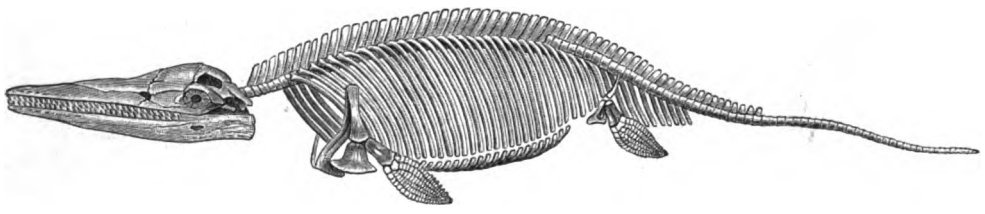
Digitized by Google

welchen älteren Reptilen in bestimmte Verbindung zu bringen. Sicher ist nur, daß sie von Typen abstammen müssen, die ehemals das Land bewohnten und Schreitfüße hatten; in welcher Gruppe aber diese Vorfahren zu suchen sind, ist ganz unbestimmt. Das Auftreten von Bauchrippen, gewisse Eigentümlichkeiten des Schädels und die primitive Wirbelform erinnern an die Rhynchocephalen, von denen wir in Palaeohatteria (vgl. oben, S. 167; s. Abbildung, S. 168) einen ausgezeichneten Vertreter kennen gelernt haben; die zweiköpfigen Rippen sprechen jedoch gegen die nähere Verwandtschaft.

Noch eine zweite Gruppe von Reptilen, die Sauropterygier, deren Vorfahren wir schon im Muschelkalk in den Gattungen Nothosaurus, Simosaurus, Neusticosaurus ꝛc. kennen gelernt haben, war dem Leben im Meere angepaßt. Trotzdem wich die äußere Erscheinung, die besonders bei Plesiosaurus (s. Abb., S. 229) auffallend hervortritt, von Ichthyosaurus sehr ab: ein winziger Schädel saß auf einem langen, schlanken Schwanenhals aus 24—41 Wirbeln. Daran schloß sich ein kurzer, aber schlanker Körper, mit mächtig entwickeltem Brust- und Beckengürtel und ziemlich schmalen Ruderflossen, die verhältnismäßig viel größer sind als bei Ichthyosaurus. Im Gegensatz dazu sind stets nur fünf Zehen vorhanden, und die ursprüngliche Form des Schreitfußes ist noch nicht so stark entstellt wie bei Ichthyosaurus. Wegen des gemeinsamen Merkmals der Ruderflossen hat man früher die Ichthyosaurier und Sauropterygier zu der Familie der Enaliosaurier,



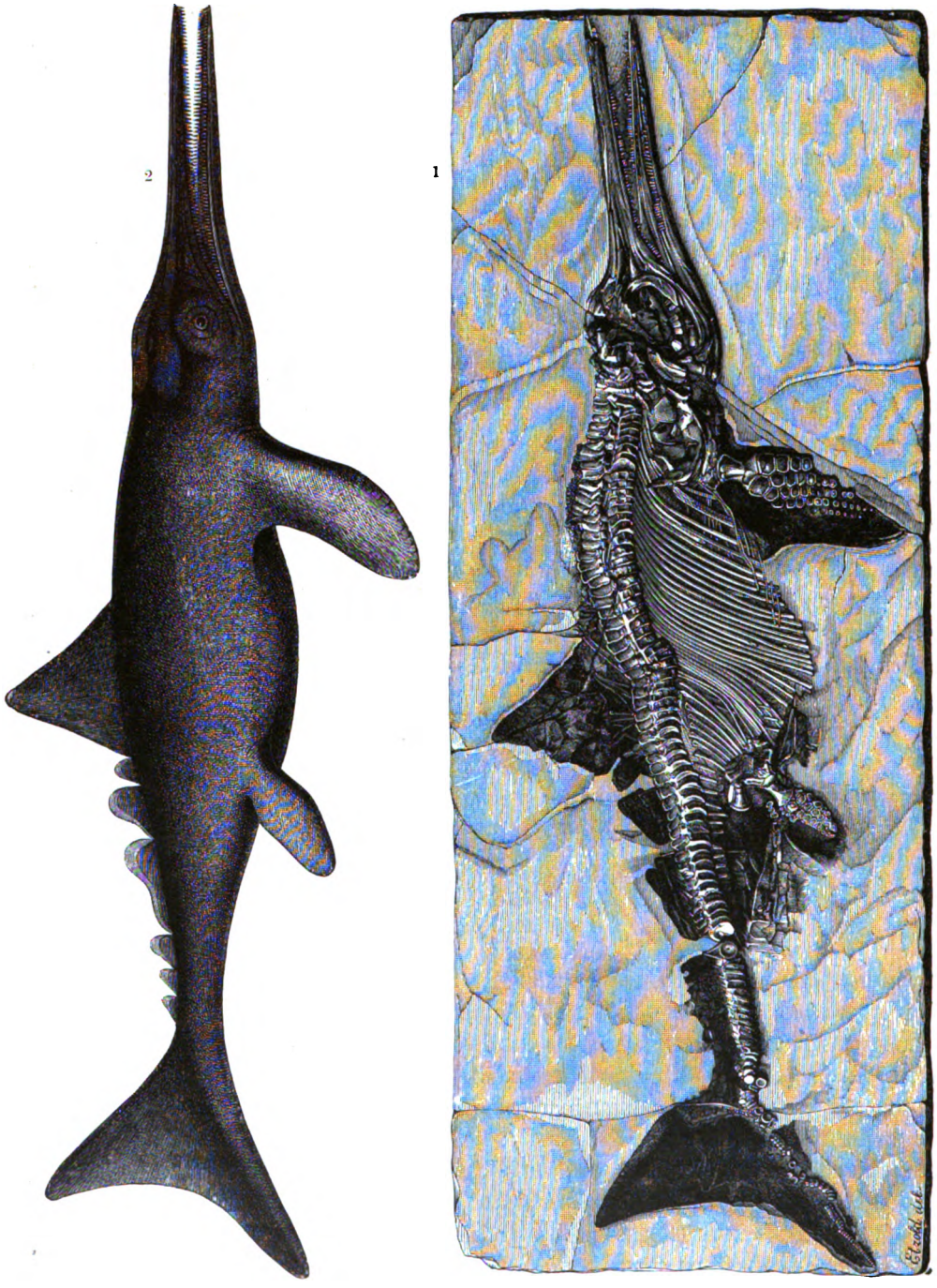
Schädel von Ichthyosaurus. (Nach Fraas.)
Vgl. Text, S. 226.



Ichthyosaurus. Vgl. Text, S. 222.

der Meerdrachen, vereinigt; aber nicht mit Recht: sie stimmen nur in teils untergeordneten Eigenschaften, wie dem Scheitelloch, teils in Anpassungsmerkmalen überein. Auch das geologische Vorkommen spricht dagegen; denn während Ichthyosaurus schon im Muschelkalk typisch entwickelt ist, haben die gleichzeitigen Verwandten von Plesiosaurus noch Schreitfüße, die Umgestaltung zu Ruderflossen ist erst im Beginn begriffen. Aus der starken Entwickelung von Brust- und Beckengürtel können wir entnehmen, daß es hauptsächlich die langen Ruderfinnen waren, mit denen die Plesiosauren die Fluten geteilt und sich fortbewegt haben; der Schwanz scheint nur als Steuer benutzt worden zu sein, der Hals wurde offenbar bald hoch erhoben getragen, bald zum Erfassen der Beute in das Wasser gesenkt. Die Plesiosaurier treten zuerst in rätischen Schichten auf, kommen vereinzelt im ganzen Jura vor und setzen sich auch in der Kreideformation fort; in großer Zahl aber finden sich diese merkwürdigen Tiere, die eine Länge bis zu 6 m erreicht haben, nur im unteren Lias Englands. Von noch gewaltigeren Dimensionen war der namentlich im oberen Jura heimische Pliosaurus, von dem in den Kimmeridgethonen Englands eine beinahe 2 m lange Ruderfinne gefunden worden ist; er muß übrigens ein ziemlich plumpes und kurzhalsiges Tier gewesen sein.

Digitized by Google



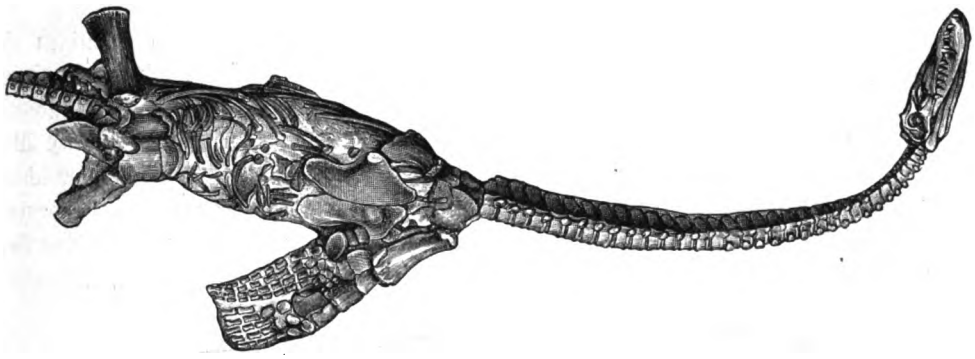
1) Ichthyosaurus quadriscissus, mit Haut (nach E. Fraas); 2) Ichthyosaurus, rekonstruiert von F. Etzold.) 1/6 natürl. Größe. Vgl. Text, S. 222 u. 224.

Neben diesen Formen waren an marinen Reptilen im Jura namentlich Krokodile vorhanden, die sich in ihrer äußeren Erscheinung am nächsten an den jetzt lebenden langschnauzigen Gangesgavial anschließen; doch weichen die jurassischen Formen, die Teleosaurier (s. Abbild.,

Digitized by Google

S. 230), von allen lebenden Krokodilen durch die Bildung der Wirbel ab, deren Körper an beiden Enden ausgehöhlt, bikonkav, waren. Auch die Kleinheit der Vorderbeine, die offenbar nur eine sehr unbeholfene Bewegung auf dem Lande gestattete, wenn sie überhaupt vorkam, die reihenweise Anordnung der Platten des Rückenpanzers, das Vorhandensein eines mächtigen Bauchpanzers bilden wesentliche Abweichungen.

Weit weniger Eigentümlichkeiten bieten die Eidechsen oder Lacertilier. Wohl treten auch unter ihnen einzelne fremdartige Typen auf; aber andere, wie der kleine Homoeosaurus, nähern sich den lebenden Formen namentlich in der äußeren Erscheinung schon ganz bedeutend, abgesehen von den Abweichungen in bikonkaven Wirbeln und anderem Knochenbau. Auch die Schildkröten, die namentlich in den Solnhofener Schiefern, im oberen Jura von Hannover und Solothurn und in den Purbeckbildungen Englands auftreten, bieten wenig Fremdartiges, wenn auch manche davon eine Mittelstellung zwischen Gruppen einnehmen, die in der Jetztwelt scharf voneinander getrennt sind.



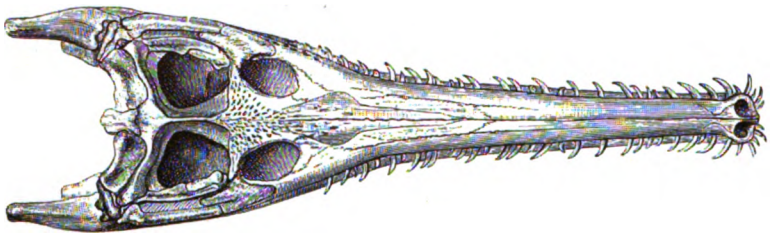
Skelett von Plesiosaurus, aus dem englischen Lias. (Nach Sollas.) Vgl. Text, S. 227.

Um so seltsamer sind die noch zu besprechenden beiden Abteilungen, die Pterodaktylen und die Dinosaurier. Jene, die „fliegenden Eidechsen" der mesozoischen Zeit, sind schon in der obersten Trias in einzelnen Resten gefunden worden, sie kommen im ganzen Jura und in der Kreide vor und erreichen namentlich in den Kreideschichten enorme Dimensionen: man schließt aus einzelnen Knochen auf Tiere mit einer Flügelspannweite von mehr als 7 m. Vollständige Exemplare dieser häßlichen Geschöpfe hat aber bisher nur der Solnhofener Schiefer geliefert; sie sind eine Hauptzierde der paläontologischen Sammlungen, namentlich des Münchener Museums. Man hat nicht nur eine große Anzahl vollständiger Skelette, sondern in vereinzelten Fällen selbst die Flughaut erhalten gefunden.

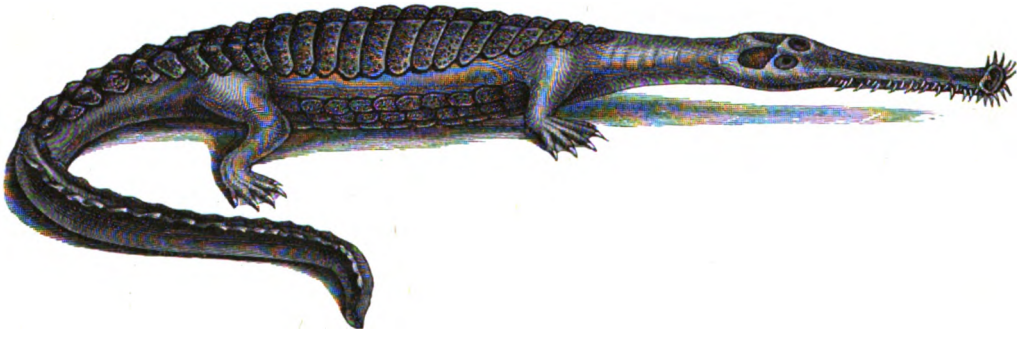
Die Pterosaurier (s. Abbildung, S. 231) haben einen großen, meist langgestreckten Kopf, die mächtigen Kiefer sind bald in ihrer ganzen Ausdehnung mit spitzen Zähnen besetzt, bald vorn zahnlos und dann wahrscheinlich mit einem Hornschnabel versehen; einige Formen der Kreideformation sind ganz zahnlos. Der Schädel, der wie bei den Vögeln senkrecht zur Wirbelsäule getragen wurde, umschließt ein hoch entwickeltes Gehirn, das dem der Vögel ähnlicher ist als dem der anderen Reptile, und birgt in der Augenhöhle einen Knochenring. Der ziemlich lange, kräftige Hals kontrastiert wie der große Kopf auffallend mit dem kleinen, schmächtigen Körper, an dem nur der Schultergürtel als Stütze für die mächtigen Vorderextremitäten und deren Muskulatur stark ausgebildet ist; das Becken wird von einem Kreuzbein aus 3—6 Wirbeln getragen. Der Schweif ist bei manchen Formen so klein, daß er kaum hervorragte, während er bei anderen überaus lang ist und an seinem Ende eine blattförmige Ausbreitung der Flughaut trägt. Die

Digitized by Google

Hinterfüße haben wenig Hervorragendes an sich; sie tragen fünf Zehen, von denen eine bald mehr, bald weniger verkümmert ist. Weitaus die merkwürdigste Eigentümlichkeit bilden die vorderen Extremitäten. Der Oberarm ist kurz und gedrungen, der Unterarm bedeutend länger, die Mittelhand stark ausgebildet; dann folgen vier Finger, von denen drei zwar groß, aber doch normal gestaltet und mit Krallen versehen sind. Der vierte Finger ist dagegen mehr als doppelt so lang wie der Rumpf; er ist der Träger der Flughaut, die sich zwischen ihm und dem Körper ausspannt. Wir sehen hier ein eigentümliches Flugorgan, wie es sich nirgends in der Tierwelt wiederholt. Am meisten Ähnlichkeit hat noch die Flughaut der Fledermäuse; doch ist diese nicht einfach zwischen Körper und einem Flugfinger angebracht, sondern alle Finger der Hand treten in die Flughaut ein und beteiligen sich an deren Ausspannung (s. Abbildung, S. 232, oben). Wieder ganz abweichend ist der Flügel der Vögel (s. Abbildung, S. 232, unten), selbst abgesehen von dem Vorhandensein von Federn, indem bei ihnen drei Finger miteinander verbunden den Flügel tragen. Diese Verschiedenheit in der Form der Flügelknochen bildet auch eine vollständige Widerlegung der Ansicht,



Schädel von Teleosaurus, aus dem oberen Lias (Posidonomyenschiefer) Württembergs. (Nach O. Fraas.) Vgl. Text, S. 227.



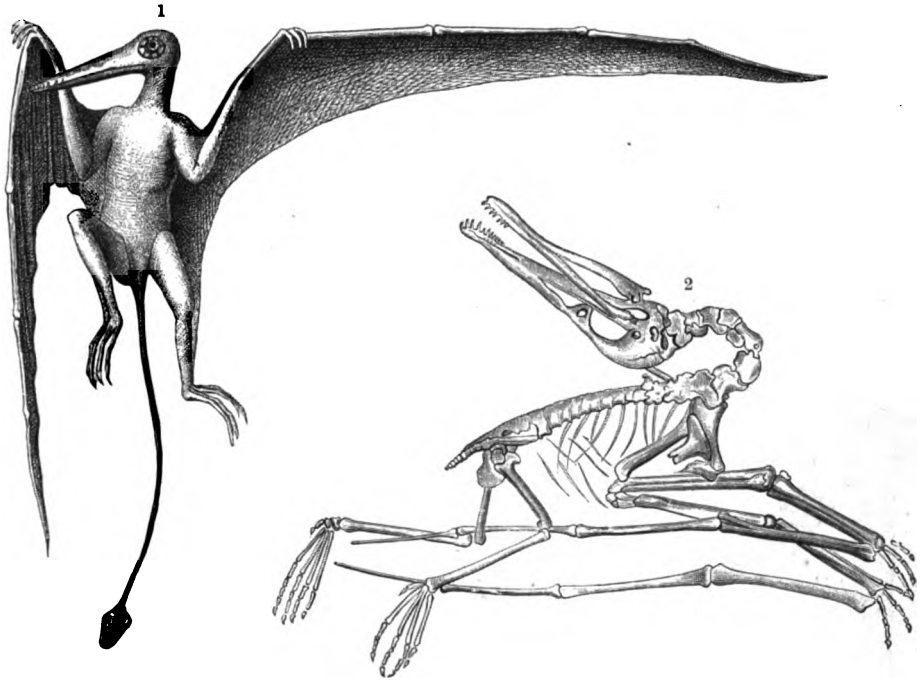
Teleosaurus, restauriert. Vgl. Text, S. 227.

daß die Vögel von den Pterodaktylen abstammen; die ganze Anlage, der ganze Mechanismus des Flügels ist bei beiden total verschieden, so daß unter keiner Bedingung der eine Typus aus dem anderen hervorgegangen sein kann.

Das Flugvermögen der Pterodaktylen war aller Wahrscheinlichkeit nach ziemlich groß. Ihre Flughaut hat Form und Zuschnitt wie die Flügel bei sehr flugkräftigen Vögeln; wie Zittel bemerkt, gleicht sie jenen der Schwalben und Möwen (s. Abbildung, S. 233, oben). Auch die Beschaffenheit der Knochen weist darauf hin: sie sind wie bei den fliegenden Vögeln pneumatisch, d. h. von sehr fester Struktur, aber dünnwandig und innen hohl, jedoch nicht mit Mark gefüllt. Man unterscheidet mehrere Gattungen unter den Pterosauriern des Jura; zwei Haupttypen sind wichtig: Pterodactylus mit vollständig bezahntem Kiefer und kurzem Schweif, und mit langem Schweife Rhamphorhynchus, bei dem der Kiefer vorn keine Zähne, sondern wahrscheinlich einen Hornschnabel trug.

Digitized by Google

Gewisse Anklänge an den Vogeltypus, die aber auch nur auf Anpassungsähnlichkeiten zurückzuführen sind, finden wir auch bei der letzten Abteilung der Reptile, den Dinosauriern. Es sind das meist große, ja gigantische Tiere von so verschiedenartigem Bau, daß sie nicht mehr als eine einheitliche Gruppe gelten können. Nur eine wichtige Eigentümlichkeit hatten sie gemeinsam: sie waren vermutlich alle oder wenigstens der großen Mehrzahl nach Landtiere, und dadurch haben namentlich das Becken und die hinteren Extremitäten, die das Schwergewicht des Körpers zu tragen hatten, gewisse gemeinsame Merkmale erhalten, was nur geeignet ist, die wahre Verwandtschaft und die Verschiedenartigkeit dieser Formen zu verdunkeln.



1) Rhamphorhynchus, restauriert; 2) Skelett von Pterodactylus, aus dem lithograph. Schiefer. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 229.

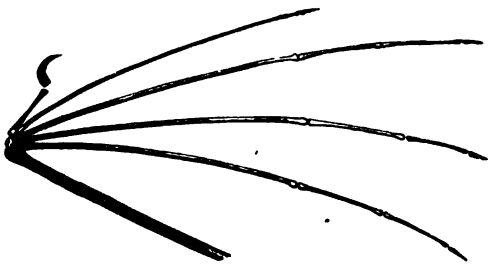
Schon in der Triasformation tauchen Dinosaurier auf; im Jura gelangen sie zu bedeutsamer Entfaltung. Zwar ist in Europa die Zahl der bekannten Jura-Dinosaurier nicht sehr groß: die hauptsächlichsten Formen liegen da im sogenannten Wealden, einer brackischen oder Süßwasserbildung an der Basis der Kreideformation; Amerika dagegen entfaltet einen wunderbaren Reichtum an diesen merkwürdigen Tieren. Am Ostabhange des Felsengebirges, besonders im Staate Wyoming, finden sich diese Dinosaurier in Schichten brackischer Natur oder in Binnenablagerungen, die an der Grenze der Jura- und Kreideformation eingeschaltet sind, gewöhnlich aber noch zu jener gezählt werden.

Eine erste Abteilung der Dinosaurier, die Marsh als Sauropoden bezeichnet hat, umfaßt riesige pflanzenfressende Geschöpfe. Atlantosaurus immanis soll eine Länge von etwa 36 m erreicht haben; und da das Tier nicht so niedrig gestellt war wie etwa ein Krokodil oder eine Eidechse, so war auch seine Höhe bedeutend, und man kann mit Recht sagen, daß dieses Ungeheuer die Größe eines ansehnlichen Hauses hatte. Man kann sich kaum eine Vorstellung von dem Aussehen und der Art der Fortbewegung eines solchen Untiers machen, ja man staunt, daß die Knochen der Extremitäten diese Riesenlast tragen konnten. In der That, da das Gewicht mit der Größe in geometrischer Proportion zunimmt, so wäre das kaum möglich, wenn nicht durch eine

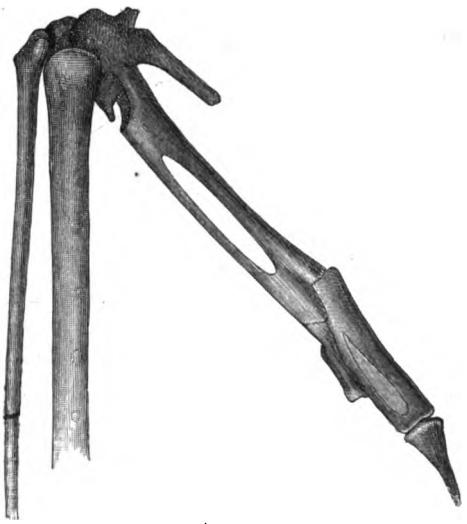
Digitized by Google

besondere Vorrichtung für Erleichterung gesorgt wäre; die ungeheuer großen Wirbel sind nämlich nicht massiv, sondern hohl gebaut und waren bei Lebzeiten des Tieres aller Wahrscheinlichkeit nach mit Luft oder mit lockerem Gewebe gefüllt; nur der Schwanz war ganz knöchern.

Etwas kleiner als Atlantosaurus, aber immerhin noch recht stattlich, ist der 16 m lange Brontosaurus. Das vollständige Skelett (s. Abbildung, S. 233, unten) fällt vor allem durch die winzige Kleinheit des Schädels auf; das Gehirn ist so außerordentlich klein, wie es im Verhältnis wohl bei keinem anderen höheren Tiere bis jetzt bekannt ist. Brontosaurus bewegte sich, ebenso wie die übrigen Sauropoden, auf allen vier Beinen, im Gegensatz zu anderen Dinosauriern, deren Gang hauptsächlich durch die hinteren Extremitäten vermittelt wurde. Die Vorderbeine der Sauropoden sind daher nur wenig schwächer als die Hinterbeine; sie traten mit der ganzen Sohle des Fußes auf, und jeder Fuß trug fünf mit Hufen versehene Zehen. Bei dem 12—16 m langen Diplodocus ist der Schädel größer, der sich nach dem Umriß nur mit einem Pferdeschädel vergleichen läßt. Im höchsten Grade befremdet das Gebiß, da nur der vorderste Teil der Kiefer Zähne von schlanker, cylindrischer Form trägt, während der rückwärtige Teil vollständig zahnlos ist (s. Abbild., S. 234, rechts). Sonst gehen bei Reduktion des Gebisses meist gerade die vorderen Zähne verloren, die Backenzähne dagegen nicht.



Finger einer Fledermaus. Vgl. Text, S. 230.



Vorderer Teil des Flügels von einem gewöhnlichen Vogel. Vgl. Text, S. 230 u. 238.

Auch Jura und Kreide in Europa haben Sauropoden teilweise von bedeutender Größe geliefert. So dürfte der gewaltige Cetiosaurus aus dem Dogger von Oxford und Caen wohl an 12 m Länge erreicht haben; doch sind die europäischen Reste so fragmentarisch (wir kennen nur vereinzelte Skelettteile), daß unsere Kenntnis davon noch gering ist.

Die Sauropoden scheinen keinen Panzer besessen zu haben. Ein solcher war dagegen bei den Stegosauriern in Form von paarigen Knochenplatten vorhanden. In der Ausbildung der Füße waren sie gleich den Sauropoden Sohlengänger; aber die Fußwurzel war vollständiger verknöchert, die Vorderextremitäten klein und die Tiere daher vorwiegend darauf angewiesen, aufrecht auf den Hinterbeinen zu gehen. Die meisten waren Raubtiere. Die bekannteste Gattung dieser Abteilung ist Scelidosaurus aus dem englischen Lias, der für das größte Landtier galt, ehe die riesigen Sauropoden Amerikas bekannt waren. Die Sohlenfläche des Hinterfußes maß 115 cm; das Schwanzende war mit Stacheln oder Platten furchtbar bewehrt.

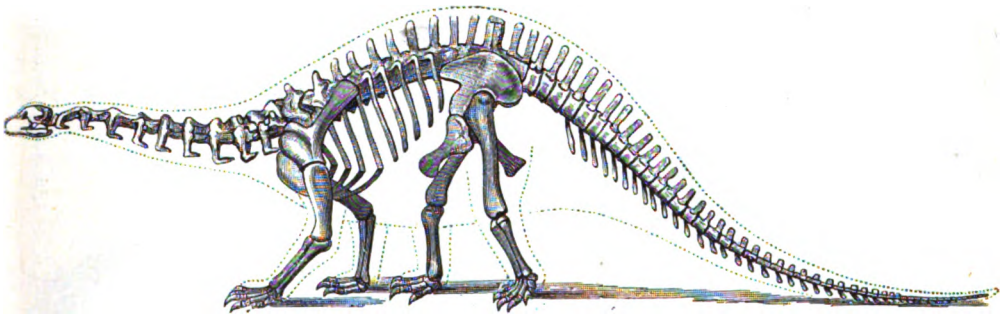
Während wir es bisher mit Sohlengängern zu thun hatten, sind die noch übrigen Dinosaurier Zehengänger, deren Sohle und Mittelfuß den Boden nicht berührten. Sie zerfallen in

Digitized by Google

zwei verschiedene Abteilungen: die Ornithopoden, Pflanzenfresser, und die Theropoden, Raubtiere. Unter den Ornithopoden, die vorn vier, hinten drei wohl ausgebildete und dazu noch bisweilen Rudimente einer weiteren Zehe besitzen, ist durch die Arbeiten von Dollo in Brüssel die Gattung Iguanodon (s. Abb., S. 234, links) genauer bekannt geworden. Wohl gehören die vollständigen Exemplare, die ihm vorlagen, nicht dem Jura, sondern den untersten Teilen der Kreideformation an; da aber auch im oberen Jura schon Iguanodonten vorkommen, so mag die Gattung hier als Typus der ganzen seltsamen Abteilung betrachtet werden.

Flügel von Pterodactylus, mit erhaltener Flughaut. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 230.

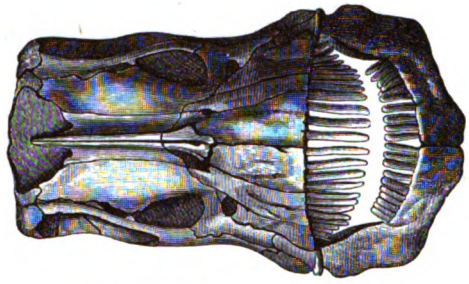
Bei der Anlage eines Stollens in einem Bergwerk zu Bernissart bei Mons in Belgien traf man auf riesige Knochenreste. Man erkannte die große Wichtigkeit des Fundes und verwandte alle Mühe auf ihre Erhaltung; allein alle Anstrengungen schienen an der bröckeligen Beschaffenheit des Materials scheitern zu wollen. Endlich kam man auf das Auskunftsmittel, große Kessel



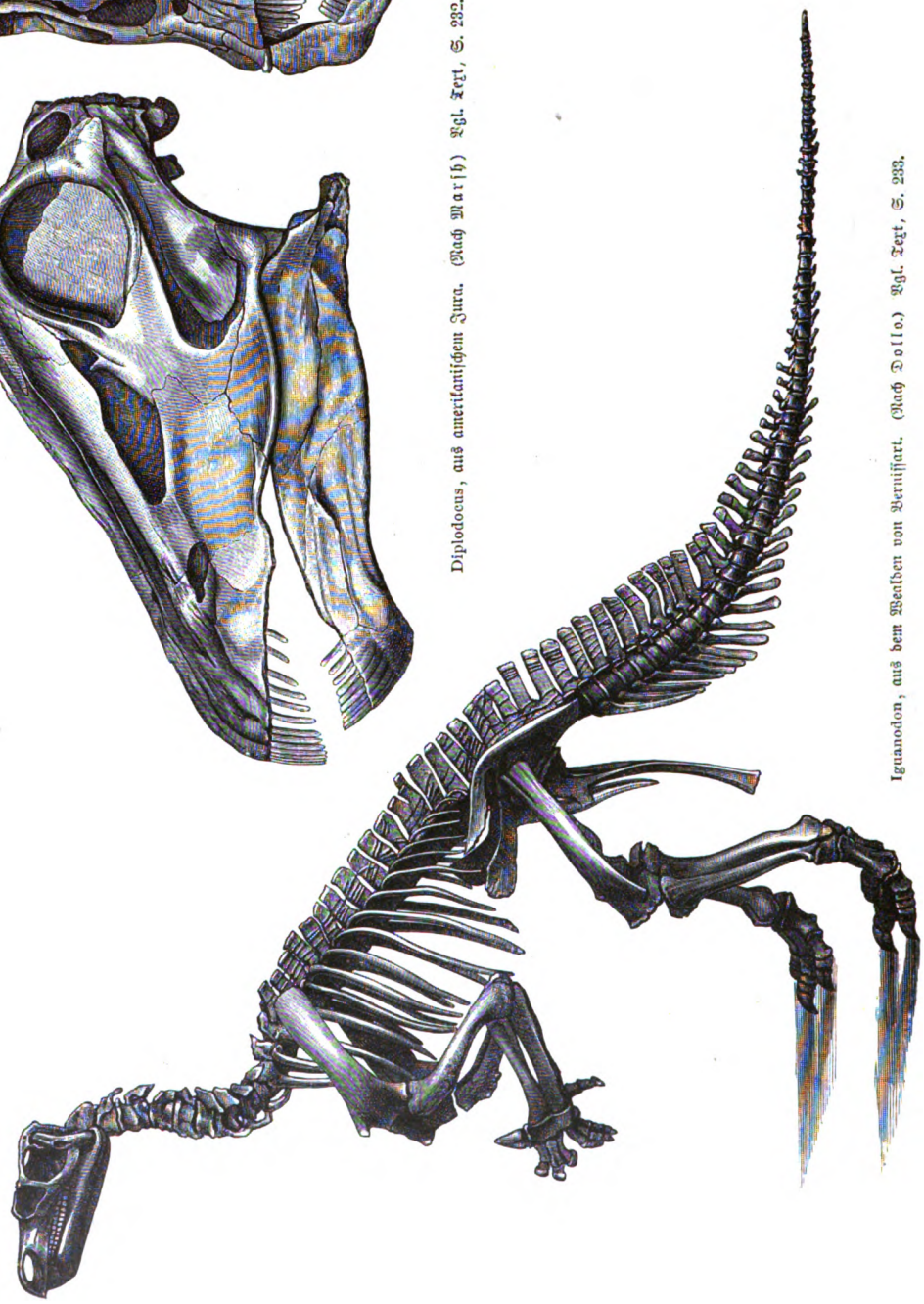
Brontosaurus, aus amerikanischem Jura. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 232.

in die Grube hinunterzuschaffen, die mit Gipsbrei gefüllt waren; in diesen hüllte man die Knochen sofort ein, schaffte sie auf diese Weise heraus und brachte sie nach Brüssel, wo sie aus den erhärteten Gipsklötzen herauspräpariert wurden. Man erhielt so die vollständigen Skelette von 13 Tieren, von denen das größte bei seiner normalen aufgerichteten Stellung eine Höhe von mehr als 7 m erreicht haben soll. Der ziemlich kleine Kopf birgt ein sehr kleines Gehirn, der vordere Teil der Kiefer ist zahnlos und war vermutlich mit Hornscheiden bekleidet; weiter rückwärts stehen eigentümliche, spatelförmige, an den Rändern gekerbte Zähne, die, von obenher stark abgekaut, ihren Besitzer als Pflanzenfresser erkennen lassen. Der Hals ist ziemlich lang; der kräftige Schultergürtel trägt die Vorderfüße, die zwar nicht auffallend reduziert, aber doch bedeutend kleiner und schwächer waren als die Hinterbeine und vielleicht nur zum Ergreifen der Nahrung, zum Abbrechen von Baumästen dienten. Der Rumpf ist massig, die dreizehigen

Digitized by Google



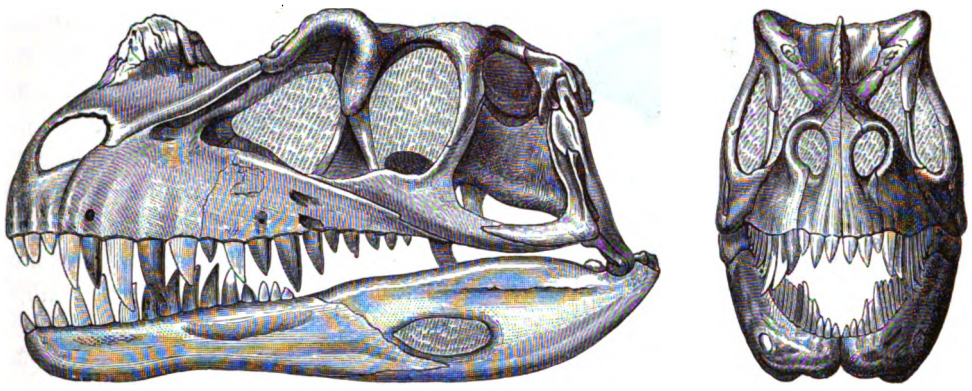
Diplodocus, aus amerikanischem Jura. (Nach Marsh) Vgl. Text, S. 232.



Iguanodon, aus dem Wealden von Bernissart. (Nach Dollo.) Vgl. Text, S. 233.

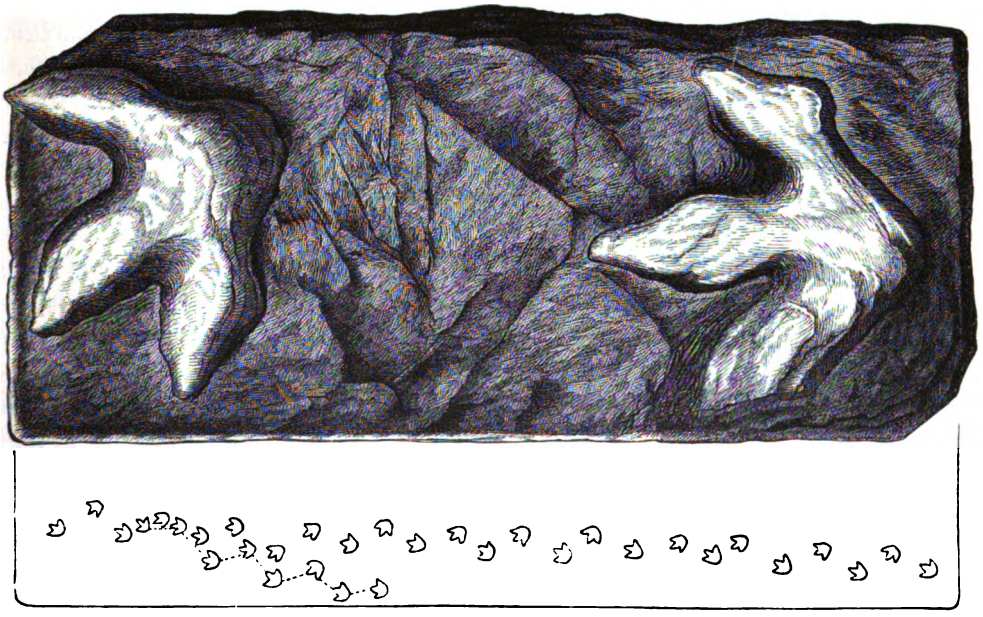
Digitized by Google

Hinterbeine sehr kräftig, und der Schwanz, der offenbar als Stütze für den Körper diente, auffallend stark entwickelt. Daß Iguanodon nur auf den Hinterfüßen ging, kann man aus den Skelettmerkmalen mit Sicherheit erschließen; man glaubt auch eine unmittelbare Bestätigung für die Richtigkeit dieser Annahme in den Fußfährten gefunden zu haben, die man diesem Tiere



Ceratosaurus, aus amerikanischem Jura. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 236.

zuschreibt, und die in der That nur die Abdrücke eines Beinpaares zeigen (s. untenstehende Abbildung). Da aber nicht zu bemerken ist, daß der offenbar nachgeschleppte Schwanz auch eine



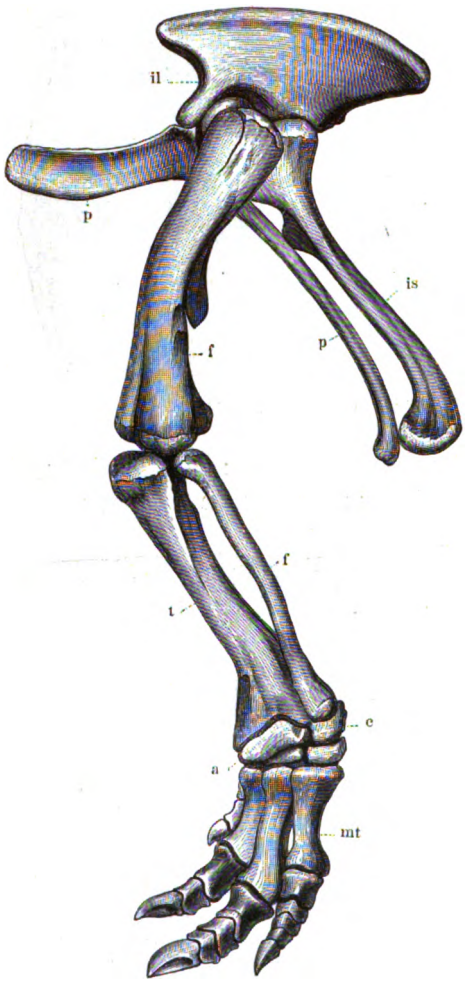
Fährten von Iguanodon: oben zwei Fährten aus dem Wealden von Bückeburg (nach Struckmann); unten eine große Reihe von Fährten aus englischem Wealden.

Spur hinterlassen habe, so ist es wohl noch fraglich, ob diese Fußspuren mit Recht auf Iguanodonten bezogen werden dürfen.

Mit einigen Worten müssen wir noch auf die Gestaltung des Beckens eingehen, weil diese hauptsächlich zu der eine Zeitlang mit großer Wärme vertretenen Ansicht von der nahen Verwandtschaft zwischen Dinosauriern und Vögeln verleitet hat. Der aufrechte Gang und die

Digitized by Google

Übertragung der Hauptkörperlast auf die hinteren Extremitäten blieben nicht ohne Einfluß auf die Form des Beckens. Das Kreuzbein besteht nicht, wie dies sonst bei Reptilen der Fall ist, aus 2, sondern aus 5—6 fest verschmolzenen Wirbeln, das Darmbein ist lang und kräftig, und ebenso ist das Sitzbein und der nach hinten abgehende Fortsatz des Schambeines außerordentlich in die Länge gedehnt (s. nebenstehende Abbildung). Der nach unten gezogene schwere Leib der Dinosaurier fand in diesen oft stabförmig verlängerten Knochen eine gute Stütze. Wirklich erinnert diese Ausbildung des Beckens lebhaft an den Vogeltypus. Aber wenn man bedenkt, daß die übrigen Skelettmerkmale, namentlich die Beschaffenheit des Schädels, von den Vögeln grundverschieden sind, wird man die ursprüngliche Annahme der Abstammung der Vögel von den Dinosauriern ablehnen müssen. Die Vogelähnlichkeit des Dinosaurierbeckens ist lediglich als Anpassungserscheinung aufzufassen; der aufrechte Gang mußte bei beiden Gruppen notwendigerweise eine gewisse Annäherung in der Beschaffenheit des Beckens zur Folge haben.



Becken und Fuß von Camptonotus dispar, einem Dinosaurier aus dem Jura von Nordamerika: il) Darmbein (Ilium), is) Sitzbein (Ischium), p, p') Schambein (Pubis), f) Oberschenkel (Femur), t) Schienbein (Tibia), fi) Wadenbein (Fibula), a) Sprungbein (Astragalus), c) Fersenbein (Calcaneus), mt) Mittelfuß (Metatarsus). (Nach Marsh.)

Noch manche andere Ornithopoden sind aus dem Jura, namentlich aus Amerika, bekannt, darunter neben jenen gewaltigen Riesen auch kleine, zierliche Geschöpfe, nicht größer als eine Katze, wie Nanosaurus, der, auf seinen Hinterbeinchen langsam und gravitätisch einherschreitend, einen possierlichen Anblick gewährt haben muß.

Die letzte Abteilung der Dinosaurier, die Theropoden, waren Raubtiere, die ebenfalls auf den Zehen der Hinterbeine einherschritten. Die bekannteste Form dieser Abteilung ist der riesige Megalosaurus mit mächtigen, zusammengedrückten, gekrümmten und an den Rändern gekerbten Zähnen, der, obwohl im Jura sowohl als in der Kreide sehr verbreitet, noch nie in einem vollständigen Exemplar aufgefunden worden ist. Etwas vollständigere Reste kennen wir nur von sehr wenigen Theropoden. Den prachtvollen Schädel eines riesigen Tieres hat Marsh unter dem Namen Ceratosaurus (s. Abbild., S. 235, oben) beschrieben; die mächtigen, hornartigen Knochenwülste auf dem Schädel müssen dem Tier ein äußerst seltsames Aussehen verliehen haben: wahrscheinlich dienten sie als Unterlage hornartiger Gebilde. Nur von einer einzigen Gattung kennen wir das ganze Skelett, nämlich von dem winzigen Compsognathus aus den Solnhofener Schiefern, und auch von diesem nur in einem einzigen Exemplar. Die Abbildung auf S. 237 zeigt dieses prachtvolle Unikum des Münchener paläontologischen Instituts; das Tier mit seinen enormen Hinterbeinen und kleinen Vorderbeinen liegt so auf der Schieferplatte, daß der Hals bogenförmig zurückgekrümmt ist, der Schädel,

Digitized by Google

vom Hals abgelöst, berührt mit seiner Oberseite den Rücken in der Beckengegend. Compsognathus hat namentlich deshalb Interesse erregt, weil man ihn für die vogelähnlichste Form der Dinosaurier hielt: doch daß der obere Teil der Fußwurzel bei ihm wie bei den Vögeln mit dem Unterschenkel verwachsen sein sollte, dies hat sich als ein Beobachtungsfehler erwiesen.

Von den übrigen Formen der Theropoden wollen wir nur noch der durch besondere Leichtigkeit der hohlen Knochen ausgezeichneten Cöluriden gedenken. Eine Gattung, Coelurus, kommt sowohl in Amerika als in Europa vor; mindestens ist der europäische Aristosuchus mit dem amerikanischen Coelurus sehr nahe verwandt: deshalb bemerkenswert, weil die nordamerikanische Dinosaurierfauna im übrigen von der europäischen gänzlich verschieden ist.

Compsognathus, aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen. Vgl. Text, S. 236.

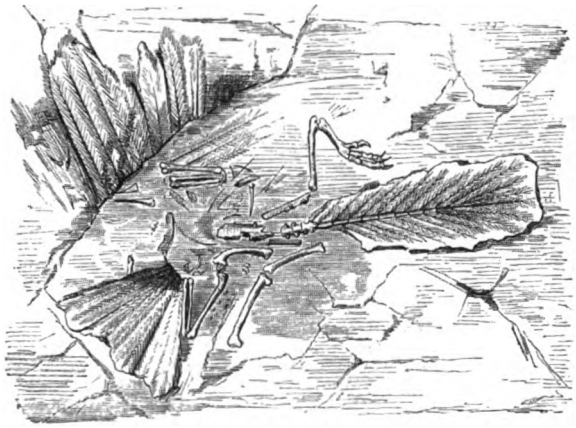
Zur Zeit als die Dinosaurier blühten, gab es auch schon Vögel. Die älteste bekannte Form ist der berühmte und vielbesprochene Archaeopteryx aus den Solnhofener Schiefern, von dem bis jetzt zwei Exemplare entdeckt worden sind. Im Jahre 1860 wurde eine einzelne Vogelfeder von Solnhofen beschrieben; ein Jahr später machte die Nachricht die Runde durch alle Zeitungen, daß daselbst Reste eines höchst seltsamen gefiederten Tieres gefunden worden seien (s. Abbildung, S. 238); das Stück wurde zu einem enorm hohen Preise ausgeboten und bis zu dem Abschluß eines Kaufes die Kopierung nicht gestattet. Oppel besichtigte den Fund, erkannte ihn als einem Vogel angehörig und lieferte nach seiner Rückkehr von Solnhofen aus dem Gedächtnis eine getreue Abbildung des Originals, eine Probe von wahrhaft staunenswertem Formensinn. Diese Zeichnung wurde von Andreas Wagner veröffentlicht, der das Tier als Reptil deutete und ihm den Namen Gryphosaurus gab. Das wunderliche Geschöpf wurde endlich für 600 Pfd. Sterling vom Britischen Museum angekauft und von Richard Owen ausführlich beschrieben.

Digitized by Google

16 Jahre hindurch blieb dieser unvollständige Fund ein Unikum; 1877 aber wurde in den lithographischen Schiefern bei Eichstätt, $3^1/_2$ Wegstunden von dem Fundort des ersten, ein zweites Exemplar gefunden, das weit vollständiger war als jenes und namentlich auch den Kopf und wohlerhaltene Extremitäten zeigte (s. Abbildung, S. 239). Nach mannigfachen Wechselfällen wurde es im Jahre 1880 für das mineralogische Museum der Berliner Universität für 20,000 Mark erworben und von W. Dames beschrieben; bis auf das Brustbein, einige Teile des Schultergürtels und das Becken ist es fast vollständig.

Da beide Stücke einander ergänzen, so können wir uns heute von dem Bau eine ziemlich gute Vorstellung machen. Fassen wir alle Beobachtungen zusammen, so ergibt sich, daß Archaeopteryx der Gesamtheit seiner Merkmale nach ein echter Vogel war, und daß er sich hauptsächlich durch solche Eigenschaften von den jetzt lebenden Vögeln unterscheidet, die bei diesen im embryonalen Leben vorkommen.

Vor allem ist das entscheidendste Merkmal die Befiederung, die in keiner anderen Tierklasse als den Vögeln vorkommt und zugleich die Warmblütigkeit und damit wiederum eine vogelähnliche Beschaffenheit des Herzens und des Blutkreislaufes bedingt. In den Augenhöhlen des ausgesprochenen Vogelschädels befindet sich ein aus etwa 12 Platten bestehender Augenring, die Kiefer sind mit kleinen, in besonderen Zahnhöhlen steckenden Zähnen besetzt, eine Erscheinung, die bei gewissen Vögeln der Kreideformation wiederkehrt. Abweichend ist die Bildung des Schwanzes; statt des kurzen Schwanzknochens der Vögel, der von den Steuerfedern fächerförmig umgeben wird, sind bei Archaeopteryx zahlreiche langgestreckte Schwanzwirbel wie im Reptilschwanz vorhanden, und an jeden Wirbel schließt sich ein Paar der großen Steuerfedern an.



Archaeopteryx, von Solnhofen, Londoner Exemplar. Vgl. Text, S. 237.

Brustbein und Schultergürtel sind nur unvollständig bekannt; die Schlüsselbeine sind wie bei den Vögeln zu dem bekannten Gabelbein oder der Furcula verwachsen, und das Brustbein war wohl sicher mit jenem hohen Kiel versehen, der bei den Vögeln zum Ansatz der mächtigen Flugmuskulatur dient und mit dem Flugvermögen unmittelbar in Zusammenhang steht. Die Flügel waren noch ziemlich schwach und daher auch die Entwickelung des Brustkorbes nicht so fest und gedrungen wie bei den Vögeln: es fehlen nicht nur die bezeichnenden Rippenfortsätze (Processus uncinati) der Vögel, sondern auch ein fester Anschluß der Rippen an das Brustbein. Die Entwickelung der Flügel folgt dem Vogeltypus; dies kommt besonders im Vorhandensein von nur drei Fingern und nur einer Reihe von Handwurzelknochen zum Ausdruck. Dagegen sind die Finger nicht miteinander verwachsen, wie bei den Vögeln (s. Abb., S. 232, unten), sondern alle drei Finger blieben frei und selbständig beweglich, und es waren nicht nur die beiden seitlichen, sondern auch der Flugfinger mit großen Krallen versehen. So war das Tier sowohl zum Fliegen als auch zum Kriechen an Bäumen, Felswänden ꝛc. befähigt. Der Bau der Füße ist durchaus vogelartig, der Unterschenkel war mit Federn versehen; und dies hat sogar auf die Idee geführt, daß Archaeopteryx mit Flügeln und Füßen geflogen sei.

Digitized by Google

Archaeopteryx war also ein echter Vogel, keineswegs ein Übergangstypus von den Reptilen zu den Vögeln. „In keinem der abweichenden Merkmale ist ein fundamentaler Unterschied gegenüber den modernen Vögeln begründet. Was wir hier an dem jurassischen Vogel verkörpert

Archaeopteryx, aus dem lithographischen Schiefer von Eichstätt. Berliner Exemplar. (Nach Dames.) Vgl. Text, S. 238.

sehen, hätten wir im allgemeinen aus der Embryologie der lebenden Vögel folgern können. Da treten in den Kiefern vorübergehende Gebilde auf, die sich nur als Zähne deuten lassen, da legt sich der Schwanzknochen oder das Pygostyl aus mehreren, anfänglich getrennten Wirbeln an, da sehen wir ursprünglich isolierte Metacarpalien, die erst später verwachsen, und anderes mehr. Die Geschichte der Vögel wird durch solche Formen erst verständlich." (E. Koken.)

Digitized by Google

Bedeutend zahlreicher als die Reste der Vögel sind die der Säugetiere; das ist aber noch kein Beweis dafür, daß sie in jurassischer Zeit auch wirklich in größerer Zahl vorhanden waren. Die Knochen der Vögel sind zart, und vermöge ihrer Lebensweise kommen Reste von solchen seltener als die irgend einer anderen Wirbeltierabteilung in Schichten vor, wo sie sich leicht erhalten. Säugetiere sind schon in der oberen Trias vorhanden. Im europäischen Jura sind sie nur spärlich in den Schiefern von Stonesfield und in den Purbeckschichten Englands gefunden worden; in größerer Menge dagegen kommen sie in jenen Süßwasserablagerungen vor, die zur Zeit des obersten Jura in der Gegend des nordamerikanischen Felsengebirges entstanden sind, und die uns einen so staunenswerten Reichtum von Riesenreptilen überliefert haben. Von diesen Säugetieren, immer noch kleinen, unscheinbaren Formen, erwähnen wir zunächst die Multituberculaten oder Allotherien, die sich in mehrere Familien gliedern. Von Bedeutung sind hier namentlich die Plagiaulaciden, die sich an den triadischen Microlestes anschließen (s. Abb., S. 182, oben), aber auch in das Eocän zu verfolgen sind. In England und in Nordamerika kommen nahestehende Formen vor (Plagiaulax und Ctenacodon), ein Beweis, daß damals schon jene Verbindung zwischen der europäischen und der nordamerikanischen Säugetierwelt vorhanden war, die wir später noch wiederholt bemerken werden. Plagiaulax wird mit der lebenden Känguruhratte in verwandtschaftliche Verbindung gebracht; ob mit Recht, läßt sich wohl noch nicht mit voller Sicherheit entscheiden. Außer den Multituberculaten kommen noch zahlreiche andere primitive Formen vor; aber auch deren Verwandtschaftsbeziehungen sind noch wenig geklärt. Die Triconodonten können mit ziemlicher Bestimmtheit als Beuteltiere, Marsupialier, gedeutet werden, wahrscheinlich auch die Amphitheriden (s. obenstehende Abbildung), vielleicht auch die Curtodonten, deren Zähne durch ihre nagetierähnliche Bildung auffallen. Eine andere Gruppe dagegen, die Stylacodontiden, könnte dem Stamme der Insektenfresser angehören. Da unter allen placentalen Säugetieren der Jetztwelt gerade diese die altertümlichsten Merkmale aufweisen, so stimmt es mit der Deszendenzlehre überein, wenn Insektenfresser schon im Jura auftreten. Im übrigen lassen uns aber die bisherigen Funde unbefriedigt: sie geben uns keine Auskunft über die Ahnen der Hauptmasse jener reichen Säugetierfauna, die zu Beginn der Tertiärzeit als mächtiger, geschlossener und schon reich verzweigter Stamm von den großen Festländern Besitz ergriffen hat.

Unterkiefer von Amphitherium, aus dem mitteljurassischen Schiefer von Stonesfield in England. Vgl. Text, S. 319.

Formenmenge der Fauna des Jura.

Werfen wir auf die gesamte Fauna des Jura einen Blick, so erhalten wir den Eindruck, daß zwar die des festen Landes und des süßen Wassers nur in dürftigen Fragmenten bekannt ist, daß wir dagegen von den Meerestieren, soweit sie überhaupt erhaltungsfähig sind, nicht dasselbe sagen können. Es ist wenig wahrscheinlich, daß unter diesen ein wichtigerer, größerer Formenkreis mit Hartteilen versehener Tiere existiert habe, der ohne jede Spur seiner Existenz verschwunden wäre. Und wenn wir die Meeresfauna des Jura mit der jetzt lebenden vergleichen, so finden wir, daß die damalige keine geringere Mannigfaltigkeit aufweist als die heutige. Foraminiferen, Radiolarien, Schwämme, Korallen, die verschiedenen Typen der Echinodermen erscheinen so reichlich wie heute; und wenn auch z. B. die irregulären See-Igel schwächer vertreten sein mögen, so sind dafür die regulären Formen um so häufiger. Bryozoen sind sehr formenreich, die Brachiopoden sogar häufiger als jetzt, und bei den Mollusken ist wegen der großen Menge der

Digitized by Google

schalentragenden Cephalopoden eher der Jura im Übergewicht. Krebstiere sind zwar in den meisten Ablagerungen entschieden selten; wenn wir aber die Anhäufung zahlreicher Gattungen an einzelnen begünstigten Lokalitäten, z. B. in den lithographischen Schiefern, betrachten, so wird es wahrscheinlich, daß auch in dieser Richtung während des ganzen Jura große Mannigfaltigkeit herrschte. Bei den Wirbeltieren sehen wir größere Verschiedenheiten. Unter den Fischen sind die Knochenfische oder Teleostier, die heute die große Mehrzahl aller Formen liefern, nur schwach vertreten; aber einen Ersatz dafür bilden die schmelzschuppigen Ganoiden, die in den jetzigen Meeren wenig vorhanden sind. Die Säugetiere fehlen dem Jura-Ozean, wie es scheint, noch ganz; aber an Stelle der Wale, Delphine, Seehunde 2c. treten die mächtigen Reptile, die Ichthyosauren, Plesiosauren, Teleosauren und ihre Genossen.

Sehen wir in diesem einen der Faktoren, die die Artenzahl der Faunen bestimmen, ungefähres Gleichgewicht zwischen dem Jura und der Jetztzeit, so liegt es nahe, einen Schritt weiter zu gehen und die Menge der Formen in beiden Perioden miteinander zu vergleichen. Es ist das jedoch sehr schwierig. Wir könnten zwar die Arten einfach abzählen und dann die Summen nebeneinander stellen; aber schon die einfachste Überlegung zeigt, daß wir auf diesem Wege zu keinem brauchbaren Resultat kommen können: die jetzige Fauna entspricht Einem Moment in der geologischen Entwickelung, in den 33 Zonen des Jura haben wir ebensoviel aufeinander folgende Phasen, deren jede einzelne der Jetztzeit gleichwertig ist. Außerdem sehen wir, daß der Artenreichtum in den einzelnen Zonen des Jura ungleich verteilt ist; aus einzelnen kennen wir über 1000 verschiedene Formen, während aus anderen Zonen, namentlich im Lias, die Zahl gering ist. Niemand wird glauben, daß diese Verschiedenheiten auf ebenso vielen wirklichen Schwankungen des Tierlebens beruhen; die Abweichungen erklären sich ganz einfach dadurch, daß wir in dem einen Falle viele verschiedene fossilreiche Faciesentwickelungen desselben Horizonts, im anderen nur die einförmige Ammonitenfacies mit ihrer verhältnismäßig geringen Artenzahl kennen. Schon daraus geht hervor, daß zum mindesten ein großer Teil der Jurafaunen nur in geringen Bruchstücken bekannt ist; Jurafauna und jetzige Fauna in der Gesamtheit der bisher bekannten Arten sind also direkt überhaupt nicht vergleichbar. Überdies gibt es keine Zusammenstellung, die hier verwendbar wäre; und wenn man die Zahl der bekannten Meerestiere des Jura zu 10,000, die der jetzt lebenden Meerestiere mit erhaltungsfähigen Hartteilen zu 50,000 anschlägt, so sind das ganz ungefähre Schätzungen, die nicht den mindesten Anspruch auf Genauigkeit machen.

Wir müssen also, um zu einem Resultat zu gelangen, andere Wege einschlagen. Wir müssen die Faktoren aufsuchen, die heute die große Formenmannigfaltigkeit bedingen, und dann überlegen, ob dieselben Ursachen auch zur Jurazeit schon herrschten. Eine Bedingung, das Vorhandensein einer ebenso großen Zahl von Klassen und Ordnungen wie heute, wurde schon besprochen; daß auch eine Gliederung in klimatische Zonen und eine Sonderung verschiedener zoogeographischer Provinzen stattfand, die wesentlich den Reichtum der Faunen bedingen, werden wir im weiteren Verlauf erfahren, und auch die Verschiedenheit der Faciesentwickelung war schon damals bedeutend. Schwieriger ist die Frage zu beantworten, ob nicht die einzelnen Arten größere geographische Verbreitungsbezirke hatten als heute. Eine solche Ansicht konnte als berechtigt gelten, ehe die großen Untersuchungen der letzten Dezennien über die hohe See und die Tiefen des Ozeans Licht verbreiteten. Heute wissen wir, daß sich die Tiere, die weit außen im offenen Meere schwimmen und in seinen Abgründen den Boden bevölkern, über ungeheure Strecken gleich bleiben. Tiefen unter 500 Faden sind über die ganze Erde von einer Fauna bewohnt, die im allgemeinen durchgehends dieselben Züge besitzt. „Tiefseegattungen haben in der Regel kosmopolitische Verbreitung; während die Arten entweder universell verbreitet sind, oder wenn sie an weit entfernten

Digitized by Google

Standorten voneinander abweichen, so sind sie entschieden stellvertretend; d. h. sie zeigen zu einander enge genetische Verwandtschaft": in diesen Worten faßt Wyville Thomson, der Leiter der Challenger-Expedition, die Ergebnisse der Untersuchungen über diesen Gegenstand zusammen. Wie an einer anderen Stelle gezeigt wurde, kennen wir aus den alten Formationen unverhältnismäßig viele Vorkommnisse dieser Art, während in der Jetztwelt, von einzelnen großartigen Expeditionen abgesehen, fast nur die wechselnden Uferfaunen untersucht werden und uns infolgedessen als normal erscheinen, obwohl sie nur wie ein schmaler, bunter Kranz die ungeheuern ozeanischen Räume umgeben. Daß auch in der Jurazeit geringe geographische Verbreitung bei der Bevölkerung des seichten Wassers vorkam, geht mit Sicherheit aus dem Umstand hervor, daß in den wenigen Fällen, die sich der Beurteilung darbieten, bei vollständig gleicher Faciesentwickelung nahe bei einander gelegene Fundorte von Seichtwasserbildungen eine größere Artenzahl gemein haben als solche, die etwas weiter voneinander entfernt sind.

Da zur Jurazeit in jeder Richtung dieselben Bedingungen für die Marinfauna vorhanden waren wie heute, so dürfen wir daraus schließen, daß die Marinfauna während jeder einzelnen Phase der Juraformation ebenso artenreich war wie die jetzt lebende.

Allerdings läßt sich dagegen von einem anderen Gesichtspunkt aus einwenden: nach den Voraussetzungen der Abstammungslehre findet nicht nur eine fortwährende Umgestaltung der Formen statt, sondern damit ist auch häufig eine Differenzierung verbunden, indem sich aus einer Art zwei oder mehrere neue, voneinander abweichende entwickeln. Es fände also eine stete Vermehrung der Artenzahl statt; somit könnte die Zahl der gleichzeitig lebenden Formen zur Jurazeit noch nicht so groß gewesen sein wie heute. Allein diese Auffassung ist durchaus unrichtig; wenn eine stete Vermehrung der Arten in geometrischer Progression stattfände, so würde sich ihre Zahl bald ins Ungeheure steigern; die Individuenzahl innerhalb jeder einzelnen Art aber würde natürlich infolgedessen immer geringer, und dadurch träte die Gefahr des Aussterbens von selbst heran. Wie unter den Individuen, findet auch unter den Arten ein steter Kampf ums Dasein statt, der Überschuß wird vernichtet, und bei der kolossalen Überproduktion an neuen Formen, die seit langen geologischen Perioden fortwährend stattfindet, sind nicht die neuauftretenden Mutationen ihrer Zahl nach maßgebend für den Artenreichtum, sondern lediglich die Verhältnisse der Konkurrenz. Es existieren seit unendlich langen Zeiträumen schon so viele Formen, als überhaupt nebeneinander unter den jeweiligen Verhältnissen Platz haben, und sowenig wie bei den Individuen ist bei den Arten der Schluß gestattet, daß durch die Vermehrung in geometrischer Progression eine wirkliche Zunahme der gleichzeitig lebenden Typen stattfinde.

Wenn wir nun sehen, daß zur Jurazeit die Meeresfauna ebenso reich war wie heute, so gilt das natürlich auch für die Fauna einer Phase des Jura, für jede einzelne Jurazone. Da wir deren ungefähr 33 zählen, so müssen während der ganzen Dauer des Jura viel mehr erhaltungsfähige Meerestiere gelebt haben als heute. Natürlich hat jede Zone zahlreiche Arten mit anderen gemein; immerhin muß die Zahl im Jura mindestens zehn- bis fünfzehnmal größer gewesen sein als heute. Mit anderen Worten: es war eine halbe bis dreiviertel Million mit Hartteilen versehener Formen vorhanden, von denen uns nur etwa 10,000 bekannt sind. Natürlich sind solche Zahlen im höchsten Grade unsicher, mit demselben Recht könnten wir die Hälfte oder das Doppelte annehmen; der einzige Wert solcher Schätzungen ist der, zu zeigen, daß die Menge des früher Vorhandenen überaus groß, die des uns Bekannten sehr klein ist. Sie klärt uns ferner über das Mengenverhältnis wenigstens so weit auf, daß wir wissen, ob wir mit Zehnteln, Hundertsteln oder Tausendsteln zu rechnen haben, wenn wir von der uns erhaltenen Meeresfauna sprechen. Viel geringer ist natürlich unsere Kenntnis der Land- und Süßwassertiere; hier ist unser Wissen so überaus unvollkommen, daß wir nicht einmal eine entfernte Schätzung wagen dürfen.

Digitized by Google

Natürlich sind wir unter diesen Umständen nicht im stande, ein vollständiges Bild von der Entwickelung der Organismenwelt im Jura zu entwerfen; aber wenigstens für die häufigsten und verbreitetsten Formen, für die Ammoniten, reicht das Beobachtungsmaterial aus. Dadurch gewinnt das Studium der jurassischen Ablagerungen besonderes Interesse und die Resultate daraus besondere Tragweite.

Der Jura in Mitteleuropa.

Beim Studium des Jura bilden die Ablagerungen Mitteleuropas mit ihrer überaus reichen Gliederung, mit der ungeheuern Menge ihrer Versteinerungen den Ausgangspunkt. Der Jura läßt in Europa drei große, über weite Strecken verfolgbare Typen erkennen, deren Verschiedenheiten sich weder durch wechselnde Tiefe des Meeres noch durch die Beschaffenheit des Meeresbodens ꝛc. erklären lassen; es sind Verschiedenheiten derselben Art, wie sie in den heutigen Meeren zwischen den einzelnen geographischen Provinzen existieren. Die eine alpine oder mediterrane Provinz umfaßt die Ablagerungen im südlichen Portugal und im größeren Teile von Spanien, im alpinen Frankreich, in den Alpen, in Italien, den Karpathen, dem Balkan und allen südlich davon gelegenen Gegenden; zu der mitteleuropäischen Provinz gehören die Vorkommnisse im nördlichen Portugal und im nordwestlichen Spanien, im außeralpinen Teile von Frankreich, Deutschland und Österreich, in England, Russisch-Polen und im südlichsten Rußland; der Moskauer Provinz endlich rechnen wir alle jene jurassischen Ablagerungen zu, die im mittleren und nördlichen Rußland in größter Verbreitung und ähnlich auf den Lofoten auftreten.

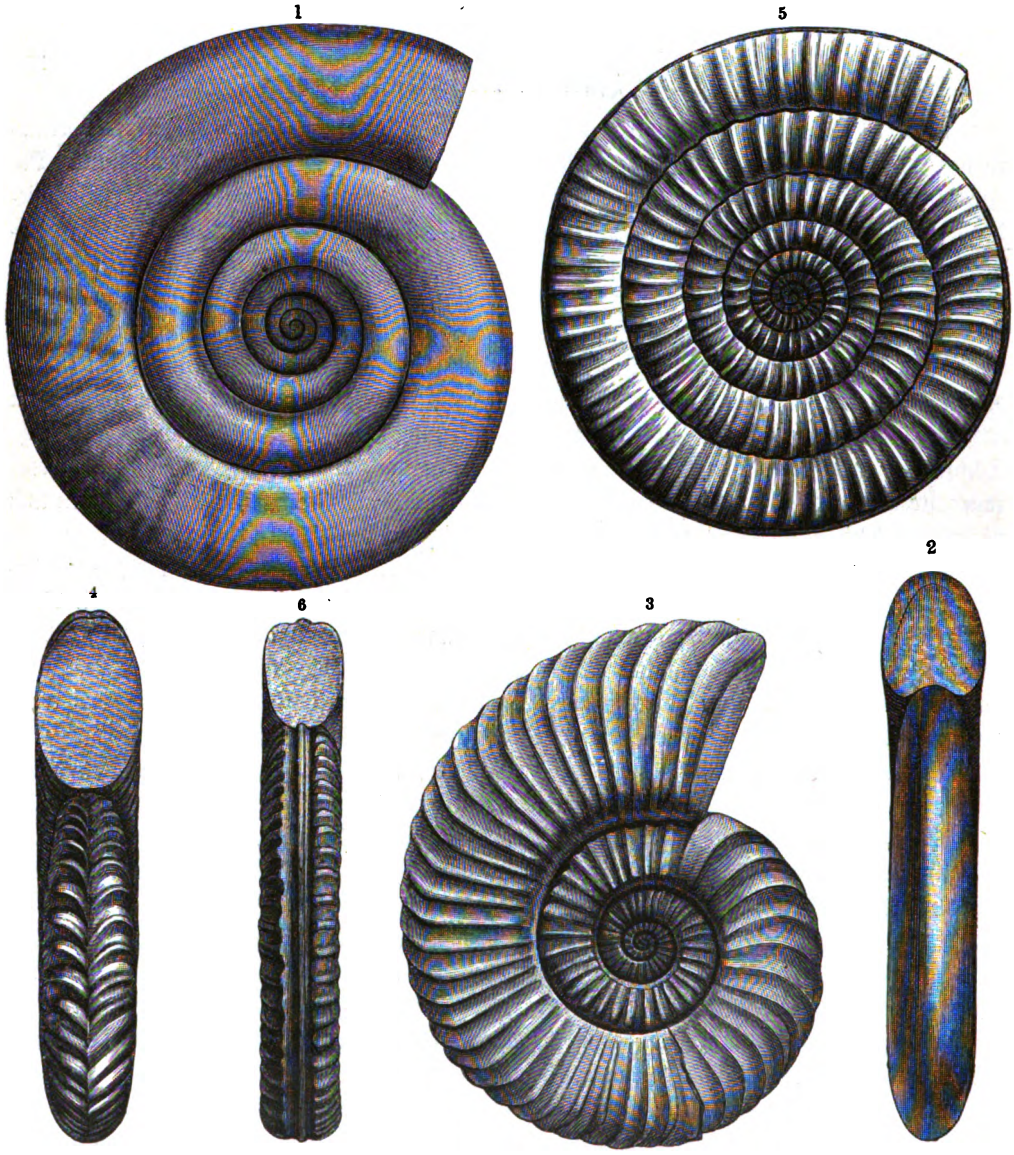
In der alpinen Provinz besitzen die Ammonitengattungen Phylloceras, Lytoceras, Simoceras und Haploceras ihre Hauptverbreitung; Mitteleuropa ist durch die Seltenheit dieser Gattungen und starke Entwickelung anderer (Oppelia und Peltoceras) ausgezeichnet, während im Moskauer Gebiet die spezifisch alpinen Typen vollständig fehlen, die Gattungen Oppelia, Aspidoceras, Peltoceras ꝛc. und die Riffkorallen selten, die Gattung Cardioceras, die Gruppe des Belemnites excentricus und vor allem die Muschelsippe Aucella außerordentlich entwickelt sind.

Wir wenden uns dem mitteleuropäischen Typus zu. Wie bei Schilderung der Triasablagerungen gezeigt worden ist, war während der Keuperzeit das ganze Gebiet meist mit Binnenwassern bedeckt. Nur vereinzelt finden sich marine Einlagerungen mit einzelnen Muscheln; und erst ganz zu Ende der Triasformation breitet sich die rätische Fauna durch fast alle Meere unserer Region aus, eine Fauna, die sich durch ihren Charakter als eine Einwanderung, als eine Kolonie aus dem alpinen Gebiete, darstellt. Für die Mehrzahl der marinen Typen waren aber die Verhältnisse noch nicht günstig, und namentlich Cephalopoden, Brachiopoden, Echinodermen, Korallen fehlen noch bis auf äußerst unbedeutende Spuren; auch die einzelnen Arten sind durchweg klein und dürftig, aber meist in großer Individuenmenge vorhanden: vermutlich war der Salzgehalt des Wassers noch verhältnismäßig schwach.

Das Meer breitet sich nun allgemein aus und nimmt mehr und mehr normale Verhältnisse an; mit außerordentlicher Gleichmäßigkeit liegen die in der Regel wenig mächtigen thonigen und kalkigen Horizonte übereinander, zu denen sich nur in einem Niveau des untersten Lias bedeutende Sandbildungen gesellen. Überall dominieren Ammoniten und etwas später neben ihnen Belemniten; Brachiopoden und Crinoiden sind in Menge vorhanden, während Muscheln und Schnecken etwas zurücktreten und alle anderen Abteilungen der wirbellosen Tiere nur eine unbedeutende Rolle spielen. Die Fauna ist mit geringen Ausnahmen überaus eintönig; doch wird der Sammler dafür fast überall durch die große Häufigkeit und die prachtvolle Erhaltung der Fossile entschädigt. Namentlich die prächtigen Ammoniten bilden wahre Zierden der Sammlungen, und so gilt

Digitized by Google

der Lias für eine außerordentlich reiche Bildung. Das ist er auch in der That vom Standpunkt des Sammlers aus. Wer aber die Entwickelung des organischen Lebens studiert, für den steht die Sache ganz anders; in den im ganzen nur 100—300 m mächtigen Ablagerungen lassen sich nicht weniger als 16—17 aufeinander folgende Zonen unterscheiden, und infolgedessen kommen



Ammoniten aus dem unteren Lias: 1, 2) Psiloceras planorbis; 3, 4) Schlotheimia angulata; 5, 6) Arietites spiratissimus. Vgl. Text, S. 245 und 246.

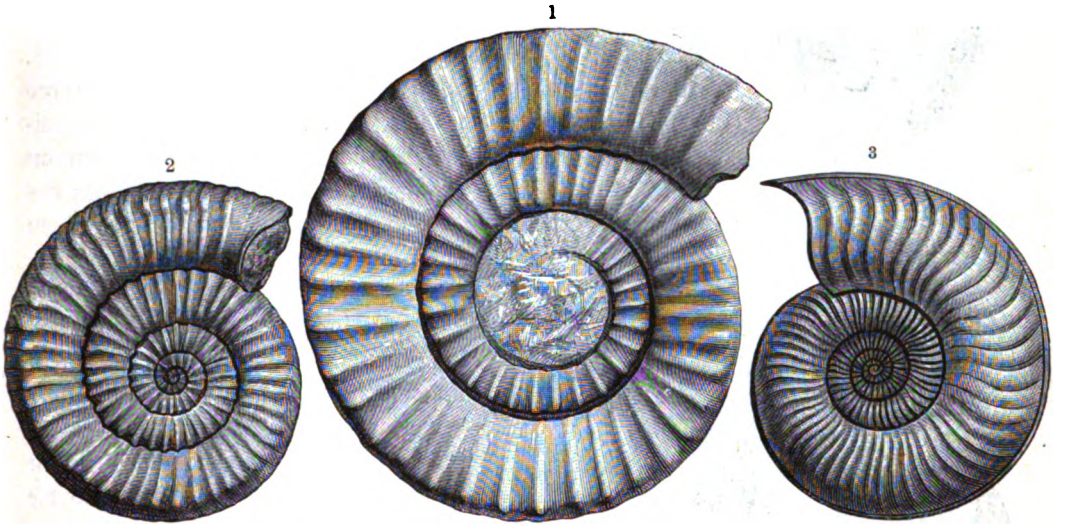
auf jede einzelne nur wenige Formen. Von den Cephalopoden und Brachiopoden abgesehen, kennen wir daher die Fauna des Lias weniger als die irgend einer anderen Abteilung des Jura oder der Kreideformation.

Um so öfter gelingt es bei der auffallend gleichen Faciesentwickelung des Lias in Mitteleuropa, die einzelnen Zonen wiederzufinden; ja, insofern gibt es keine andere Ablagerung der

Digitized by Google

Welt, die solch leichte Verhältnisse böte. In diesem Fall ist es geradezu die außerordentliche Einfachheit, die schwer begreiflich erscheint. Bisweilen finden wir eine wenige Meter hohe Schicht in ganz gleicher Weise über fast die ganze mitteleuropäische Provinz verbreitet und durch eine eigentümliche Ammonitenfauna charakterisiert, die uns zwingt, sie als selbständige Zone zu betrachten.

Trotzdem gibt es im einzelnen manche abnorme Erscheinungen. Dazu gehören vor allen die Verhältnisse der tiefsten Liaszonen: in der untersten stellen sich plötzlich Ammoniten aus der Gattung Psiloceras in großer Menge und fast unter Ausschluß aller anderen Formen ein; Psiloceras planorbis ist die leitende Art. Mit der nächsten Abteilung verschwindet diese Gruppe vollständig, die Gattung Schlotheimia gelangt zur Alleinherrschaft in der Zone der Schlotheimia angulata, um dann ebenso rasch wieder vollständig durch die merkwürdigen Arietiten verdrängt zu werden, die sich nun in zahlloser Formenmenge überall verbreiten und mit ihren



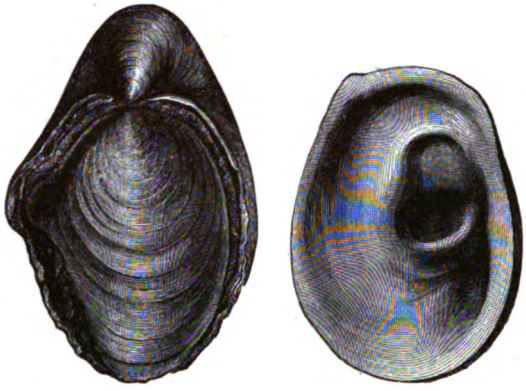
Ammoniten des oberen und mittleren Lias: 1) Aegoceras bipunctatum; 2) Coeloceras crassum; 3) Harpoceras radians. Vgl. Text, S. 246.

mächtig gekielten, aus zahlreichen Windungen bestehenden Gehäusen oft die Größe eines Wagenrades erreichen. Natürlich steht ein solches Verhältnis mit den Anforderungen der Abstammungslehre und auch mit unserer Auffassung der Zonen wenigstens scheinbar in Widerspruch, da wir die einzelnen Typen ganz unvermittelt aufeinander folgen sehen. Allein eine weitere Umschau klärt dieses Rätsel auf. Wenn wir die untersten Liasbildungen in den Alpen betrachten, so finden wir ganz andere Verhältnisse: schon in den tiefsten Lagen kommen hier Psiloceras und Schlotheimia nebeneinander vor; es zeigen sich Zwischenformen zwischen beiden scheinbar so weit voneinander abweichenden Typen, und gleichzeitig läßt sich die allmähliche Entwickelung von Arietites aus Psiloceras nachweisen. In etwas höheren Schichten kommen dann Schlotheimia und Arietites in Menge nebeneinander vor, und zuletzt erhält allmählich diese Gattung das Übergewicht. Das ist eine Entwickelung, wie sie der Theorie genau entspricht. Die in Mitteleuropa auftretenden Abweichungen erklären sich einfach so, daß auch die drei ältesten Liasfaunen dort nur als Einwanderer aus dem alpinen Bereich auftreten, die der Reihe nach erscheinen und sich ausbreiten in dem Maße, als die Verhältnisse in dem neueröffneten Meeresbecken ihrem Fortkommen günstig werden. Die erste Einwanderung, die von Psiloceras, ist den alpinen Verwandten gegenüber noch auffallend verkümmert, auch die Schlotheimien sind in Mitteleuropa

Digitized by Google

durchschnittlich dürftiger als in den Alpen; erst mit dem Auftreten der Arietiten scheinen sich alle Lebensbedingungen für die marine Fauna normal gestaltet zu haben (s. Abbildung, S. 244).

Aus der eintönigen Folge der ammonitenreichen Kalke, Mergel und Thone des Lias heben sich nur einige wenige abweichende Vorkommnisse hervor. Eine der tiefsten Zonen ist die der Schlotheimia angulata, in den meisten Gegenden als ein Sandstein mit zahlreichen Muscheln ausgebildet, der namentlich bei Hettingen unweit Diedenhofen in Lothringen durch die treffliche Erhaltung seiner Fossile bemerkenswert ist. Von Interesse sind die schon früher erwähnten bituminösen, durch die Menge ihrer Fisch- und Reptilreste ausgezeichneten Schiefer. Sie treten in zwei verschiedenen Horizonten auf, von denen der ältere in der Oberregion des unteren Lias, in der Zone des Pentacrinus tuberculatus, liegt, der andere an der Basis des oberen Lias die Zonen des Harpoceras bifrons und des Coeloceras crassum (s. Abbildungen, S. 245) umfaßt und wegen des häufigen Vorkommens einer kleinen Muschel, der Posidonomya Bronni, Posidonomyen- oder Posidonienschiefer genannt wird. Der Schieferhorizont des unteren Lias ist auf dem Kontinent nur schwach, dagegen in England schön entfaltet und enthält hier neben zahlreichen Fischen und Ichthyosauriern häufig die seltsamen langhalsigen Plesiosaurier. Weit verbreiteter sind die jüngeren Posidonomyenschiefer, für die das Vorkommen massenhafter Ichthyosaurier und der krokodilartigen Teleosaurier charakteristisch ist.



Gryphaea arcuata, aus unterem Lias.

Amaltheus margaritatus, aus mittlerem Lias.

Eine Schilderung der einzelnen Zonen und ihrer Leitfossile würde hier nur wenig Interesse bieten. Zwar wird der Leser, der in einem Juradistrikt Fossile zu sammeln Gelegenheit hat, einen Leitfaden wünschen; allein eine solche Anleitung, die für eine Gegend paßt, würde schon für die nächste Region nicht zutreffen. Die Abbildungen auf S. 244—246 zeigen einige der wichtigsten Leitfossile aus der Familie der Ammoniten, ferner die Gryphaea arcuata, die im untersten Lias und namentlich in der Zone des Arietites Bucklandi fast überall zu Millionen vorkommt, und nach der diese Schicht bei den älteren Autoren als Gryphitenkalk bezeichnet wird.

Der mittlere Jura oder Dogger, wegen der vorwiegend braunen Farbe seiner Gesteine in vielen Gegenden Mitteleuropas auch „brauner Jura“ genannt, hat in seinen unteren Abteilungen noch manche Ähnlichkeit mit dem Lias und einförmige Ausbildung. In den meisten

Digitized by Google

Regionen findet sich eine Menge von schönen Ammoniten, darunter besonders Stephanoceras (s. untenstehende Abb., Fig. 3) und zahlreiche Belemniten, die um die Mitte des Doggers in Belemnites giganteus den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreichen. Dazu gesellt sich als ein von nun an wichtiger Faktor die prachtvolle Muschelgattung Trigonia, die in einer Reihe von Arten, wie Trigonia navis (s. Abbildung, S. 23), costata (s. die Tafel bei S. 215, Fig. 5 und 6), clavellata ꝛc., große Verbreitung erreicht. Je höher die Schichten, um so mannigfaltiger die Entwickelung: an Korallen und Seeigeln reiche Ablagerungen treten auf, eine große Verschiedenheit mannigfaltiger Konchylien stellt sich ein, namentlich in den oolithischen Gesteinen. Überhaupt ist das Auftreten von Oolithen für den mittleren Jura bezeichnend. Es sind das Kalke, die zahllose, oft intensiv gelbbraune Kügelchen von schaligem Bau enthalten; namentlich der Oolith von Bayeux in der Normandie, der Unteroolith Englands, der dem obersten Dogger angehörige Großoolith von England und Frankreich zeichnen sich durch die Menge schöner Fossile aus.

Mitteljurassische Ammoniten: 1) Harpoceras opalinum; 2) Parkinsonia Parkinsoni; 3) Stephanoceras Humphriesianum.

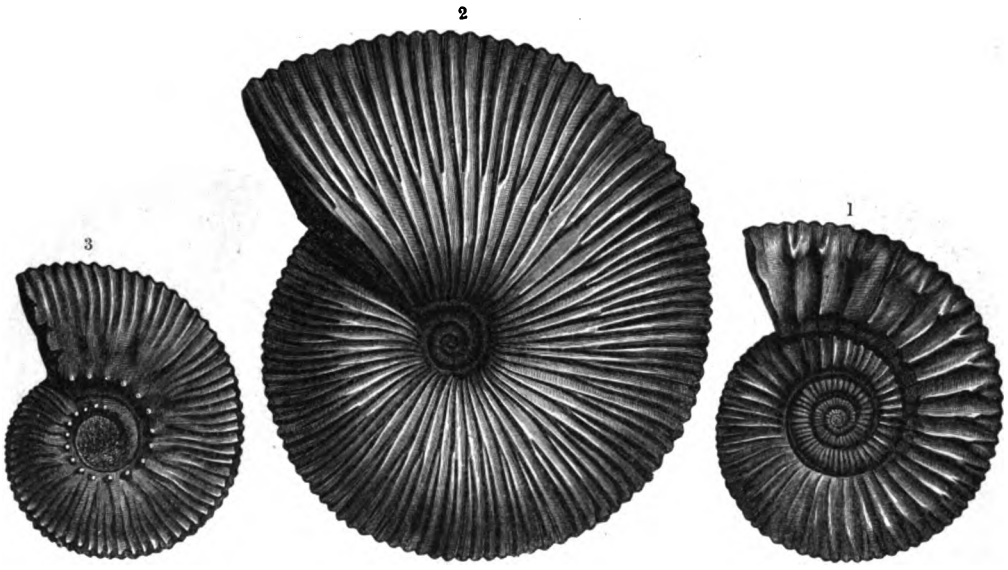
Der mittlere Jura zerfällt in zwei Hauptabteilungen, den Unteroolith und die Bathstufe (nach der englischen Stadt Bath genannt). In der ersten Gruppe ist die Gleichartigkeit der Ablagerungen in verschiedenen Gegenden Mitteleuropas noch ziemlich groß, und die einzelnen Glieder können noch leicht miteinander verglichen werden. In der Bathstufe dagegen bereitet die Verschiedenheit der Faciesgebilde bedeutende Schwierigkeiten. Namentlich in England machen sich hier die größten Differenzen geltend, weshalb man nicht weniger als sechs verschiedene, lokal wichtige Unterabteilungen unterscheiden konnte, obwohl sie nur zwei aufeinander folgenden Ammonitenfaunen entsprechen. Es haben also hier, ohne daß allgemeine Verschiedenheiten der Gesamtfauna vorhanden wären, bedeutende Veränderungen der äußeren Verhältnisse stattgefunden, deren wahre Bedeutung nur durch die rationelle Untersuchung dieser Vorkommnisse zu verstehen möglich war. Als eine interessante Ablagerung des oberen Doggers in England sind die Schiefer von Stonesfield in Oxfordshire hervorzuheben, die zwar in ihren marinen Konchylien von anderen gleichalterigen Gebilden nicht wesentlich abweichen, aber durch Landpflanzen, Insektenreste und in ziemlich beträchtlicher Zahl vorkommende Säugetierkiefer ausgezeichnet sind.

Im oberen Jura ist die Mannigfaltigkeit noch größer. Vor allem sind die ältesten Ablagerungen der Kellowaystufe durch das plötzliche Auftreten einer Formengruppe ausgezeichnet, die, hier außerordentlich häufig, ebenso rasch wieder verschwindet, nachdem sie sich nur während der

Digitized by Google

Dauer einer einzigen Zone heimisch gemacht hatte: Stephanoceras macrocephalum oder die Untergattung Macrocephalites (s. untenstehende Abbildung, Fig. 2). Lange bildete sie eine seltsame Anomalie; heute kennen wir Formen im Jura Südamerikas, die wahrscheinlich als die Vorläufer jener anzusehen sind, und wissen, daß sich die Gruppe in Indien und in Ostafrika bedeutend länger erhalten hat. Wir haben es also mit einer Einwanderung in das europäische Faunengebiet zu thun; infolge irgend welcher äußerer Verhältnisse breiteten sich diese Fremdlinge rasch aus, konnten aber das okkupierte Gebiet nicht auf die Dauer behaupten.

Die höheren Schichten der Kellowaystufe sind durch eine Ammonitenfauna charakterisiert, die durch die prächtigen, reichverzierten Formen der Gattungen Cosmoceras, Oppelia und Peltoceras (s. untenstehende Abb., Fig. 1 u. 3) ihren Charakter erhält, aber auch außerdem noch eine Menge anderer Typen führt. Man kann sagen, daß in diesen Ablagerungen, den Ornatenschichten,



Kelloway-Ammoniten: 1) Peltoceras athleta; 2) Stephanoceras (Macrocephalites) macrocephalum; 3) Cosmoceras Jason.

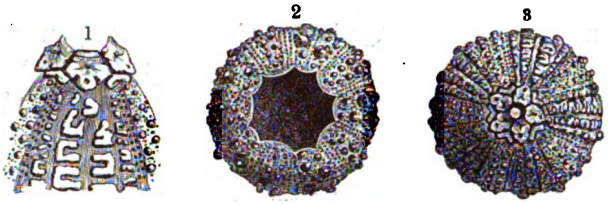
die Ammonitenfauna des Jura die elegantesten und schönsten Formen hervorgebracht hat, die wir überhaupt kennen; infolgedessen gehören diese Bildungen zu den Lieblingsgebieten der Sammler.

In den drei oberen Abteilungen des oberen Jura, der Oxford-, Kimmeridge- und Tithonstufe, erreicht die Mannigfaltigkeit der Ablagerungen in Mitteleuropa ihren Höhepunkt. Wohl enthalten die in tiefem Wasser abgelagerten Ammoniten- und Schwammschichten auch hier über weite Strecken sich gleich bleibende Faunen: unter den Ammoniten spielt die Gattung Perisphinctes mit weitem Nabel und zahlreichen sich gabelnden Rippen die erste Rolle; außerdem ragen noch die reichverzierten Oppelien und die aufgeblasenen, unberippten, nur mit einzelnen Knotenreihen versehenen Aspidoceren hervor (s. die Abb., S. 249, unten). Aber neben den Cephalopodenschichten tritt eine Menge anderer Entwickelungsarten auf: Korallenkalke mit zahllosen prachtvollen Versteinerungen, darunter Crinoiden und See-Igel (s. Abb., S. 249, oben), Schichten mit zahllosen Muscheln und Schnecken, wirbeltierreiche Schiefer, so daß hier oft auf den kürzesten Strecken gleichalterige Bildungen vollständig verschiedenen Charakter annehmen.

Der Grund dieser Erscheinung ist leicht einzusehen. Im Lias hatten wir fast allgemein Ablagerungen aus ziemlich tiefem Wasser mit gleichmäßig verbreiteter Fauna; gegen Ende des mittleren Jura wurde das Meer seichter, und damit tritt die reichere und ziemlich wechselvolle

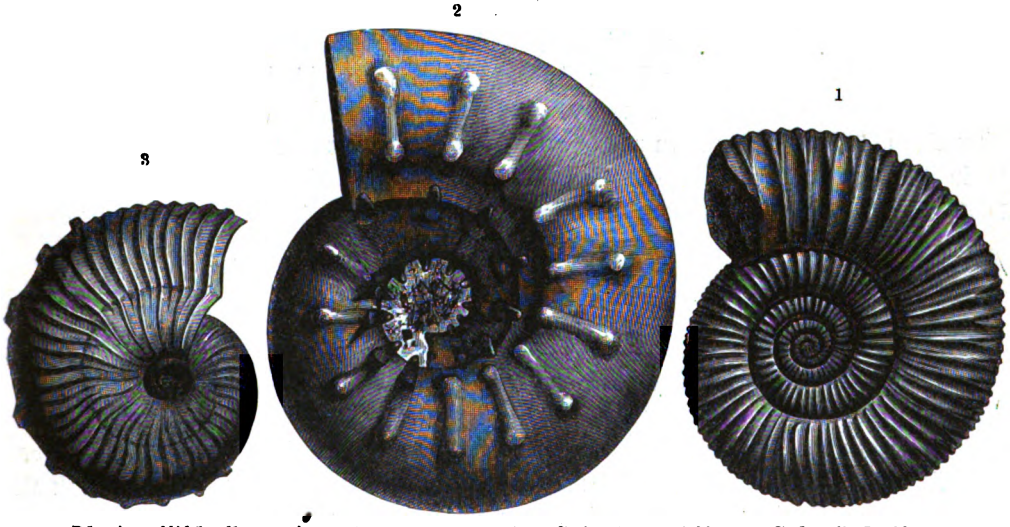
Digitized by Google

Entfaltung der Schichten namentlich in der Bathstufe ein. Noch einmal wird das Meer tiefer; aber gegen Ende der Oxfordbildungen wird das Wasser wieder seichter. Neben einzelnen tieferen Meeresteilen zeigen sich flache Becken; diese nehmen mehr und mehr überhand, und noch etwas vor Ende der Jurazeit zieht sich das Meer ganz aus Mitteleuropa zurück und hinterläßt zum großen Teil festes Land, während sich in anderen Gebieten große Brackwasserseen erhalten.



Glypticus hieroglyphicus, aus den Korallenkalken der Schweiz.
Vgl. Text, S. 248.

Gleichzeitig mit der Verminderung der Wasserbedeckung geht eine zweite, scheinbar widersprechende Erscheinung Hand in Hand: eine auffallende Abnahme der Zufuhr von Thon und Sand. Kalk, und zwar meist ziemlich reiner Kalk wird das herrschende Gestein, thonige Gebilde kommen in größerer Ausdehnung nur in den nordwestlichen Gegenden, in Nordfrankreich und England, vor. Diese Erscheinung ist insofern unerwartet, als man mit der Abnahme der Wassertiefe eine Zunahme der Kontinente, ein Vorrücken der Küste und damit eine größere Menge von Sinkstoffen oder ihr weiteres Vordringen erwarten sollte. Wir werden jedoch sehen, daß um jene Zeit ein bis dahin



Oberjurassische Ammoniten: 1) Perisphinctes Tiziani; 2) Aspidoceras iphicerum; 3) Oppelia Bachiana.
Vgl. Text, S. 248.

vorhandener gewaltiger Kontinent östlich vom mitteleuropäischen Gebiet zum größten Teile vom Meere überflutet wurde, der bis dahin aller Wahrscheinlichkeit nach durch ausmündende Ströme große Mengen von mechanischen Sedimenten geliefert hatte.

Die Abnahme der Wassertiefe machte sich übrigens, wie das von vornherein zu erwarten war, nicht in ganz Mitteleuropa gleichzeitig in derselben Weise geltend. Zuerst finden wir die bestimmten Anzeichen der allmählich fortschreitenden Veränderung in den nördlicheren Gebieten: in Norddeutschland, in Nordfrankreich und England, fast gleichzeitig aber auch in einem großen Teile des Juragebirges: in der Westschweiz und im östlichen Frankreich, während in anderen Gegenden von Frankreich südlich vom Zentralplateau, ferner in der östlichen Schweiz und im ganzen süddeutschen Verbreitungsgebiet Ablagerungen aus größerer Meerestiefe noch lange Zeit

Digitized by Google

hindurch herrschen und erst gegen Ende der Kimmeridgestufe Korallenbänke und andere Seichtwasserbildungen auftreten.

Innerhalb der Ablagerungen aus geringer Tiefe kommen wieder, wie gewöhnlich, die auffallendsten Verschiedenheiten vor, je nachdem Sand, Thon, Mergel, Sandkalk oder Kalk vorherrscht oder Korallenentwickelung eintritt. Und da sich die Abnahme des Wasserstandes in den verschiedenen Gegenden zu verschiedenen Zeiten deutlich fühlbar machte, so finden wir ähnliche Gebilde in den verschiedensten Horizonten wieder. In Nordfrankreich und England, von wo das Studium dieser Ablagerungen seinen Ausgangspunkt nahm, liegt zu unterst über den Kellowaybildungen eine thonig-kalkige Entwickelung häufig mit Ammoniten: die Oxfordstufe; dann folgen Korallenkalke (Korallien), dann Thone und Mergel mit vielen Muscheln und Schnecken (Kimmeridgestufe) und endlich kalkig-sandige Schichten (Portlandstufe). Den Schluß bildet das brackische Purbeck, wo sich verkümmerte Marinformen mit Süßwassertypen mengen.

Auf dieses Schema suchte man nun die oberjurassischen Bildungen anderer Gegenden zurückzuführen. Namentlich leiteten dabei die stets leicht kenntlichen und durch ihre kompakten Kalkmassen schon landschaftlich hervortretenden Korallenschichten. Natürlich wurden nun in jenen Regionen, wo sich das Meer am längsten tief erhalten hatte und am spätesten seicht genug wurde, um das Fortkommen der Korallenriffe zu ermöglichen, die verschiedenen Schichten des oberen Jura für älter gehalten, als sie in Wirklichkeit sind. Allmählich aber hat, namentlich durch die Arbeiten von Oppel, Waagen und Mösch, eine richtigere Auffassung Platz gegriffen. Die entscheidenden Beweise hat der östliche Teil des Schweizer Jura, besonders in den Kantonen Aargau und Solothurn, geliefert. Hier finden sich Korallenbildungen, die dem Alter nach mit den ältesten korallenführenden Ablagerungen Nordfrankreichs übereinstimmen; sie ruhen auf ammonitenreichen Schichten und werden von solchen gleichmäßig wieder bedeckt, und endlich sieht man sie in ihrer horizontalen Fortsetzung gegen Osten allmählich in Ammonitenschichten übergehen. Man erhält dadurch nachstehende Aufeinanderfolge:

Solothurn.	Aargau.
Zone der Oppelia tenuilobata.	Zone der Oppelia tenuilobata.
Korallenablagerungen.	Zone des Peltoceras bimammatum.
Zone des Peltoceras transversarium.	Zone des Peltoceras transversarium.

Damit ist in erster Linie bewiesen, daß die ältesten und mächtigsten Korallenbildungen des Schweizer Jura, Nordfrankreichs und Englands den dem oberen Oxfordien angehörigen Ammonitenschichten der Zone des Peltoceras bimammatum gleichzeitig sind, und daß die Zone der Oppelia tenuilobata, die man für älter als alle Korallenschichten gehalten hatte, jünger ist als ein Teil davon. Sucht man dagegen in Süddeutschland das Lager der Korallenschichten von Nattheim in Württemberg und von Kelheim an der Donau auf, so findet man, daß diese hoch über den Tenuilobatenschichten liegen, und damit ist unwiderleglich dargethan, daß eine zeitlich einheitliche Korallenstufe, ein Korallien, in diesem Sinne nicht existiert, und daß alle auf diese Voraussetzung gegründeten Gliederungsversuche durchaus falsch sind.

Die Gliederung des oberen Jura ist in den wichtigsten Zügen auf der S. 251 stehenden Tabelle angegeben. Natürlich kann diese nicht die ungeheure Menge lokaler Glieder enthalten, sonst müßte sie ungefähr den zehnfachen Umfang annehmen; aus jedem Gebiet sind vielmehr nur die wichtigsten und verbreitetsten Vorkommnisse hervorgehoben. Das eine Extrem bildet die Entwickelung im nordwestlichen Deutschland, wo nur die unterste Zone der Oxfordstufe in Ammonitenfacies entwickelt zu sein scheint und alle höheren Schichten teils Korallenablagerungen, teils andere Seichtwasserbildungen sind. Das entgegengesetzte Verhalten finden wir in Süddeutschland; hier ist die ganze Oxford- und die untere Hälfte der Kimmeridgestufe in Form von

Digitized by Google

Der obere Jura (mit Ausschluß der Kellowaystufe) in Mitteleuropa.

		Süddeutschland	Ostschweiz	Westschweiz u. südl. Frankreich	Nordfrankreich	England	Nordwest-Deutschland
Tithonstufe	Zone des Perisphinctes transitorius	Fehlt	Fehlt	Purbeckschichten	Fehlt	Purbeck-schichten	Purbeckschichten (Serpulit ꝛc.)
	Zone des Aspidoceras cyclotum	Solnhofener Schiefer und Plattenkalke, Korallenkalke von Kelheim	Plattenkalke	Portlandkalke zum Teil	Oberes Portlandien	Kalk und Sand v. Portland	Eimbeckhäuser Plattenkalk
Kimmeridgestufe	Zone des Hoplites eudoxus	Schichten mit Hoplites eudoxus Korallenkalk von Nattheim Felsenkalke Württembergs Frankendolomit	Wettinger Schichten	Kalke mit Terebratula janitor v. Crussol Schichten mit Exogyra virgula Pteroceras-Schichten Korallenkalke von Valfin ꝛc.	Mittleres und unteres Portlandien Schichten mit Exogyra virgula Pteroceras-Schichten	Kimmeridgethon, oberer Teil	Schichten mit Olcostephanus gigas Schichten mit Exogyra virgula Pteroceras-Schichten Schichten mit Nerinea obtusa
	Zone der Oppelia tenuilobata	Ammoniten- u. Schwammfacies	Ammoniten- u. Schwammfacies, in Astartekalke übergehend	Astartekalke / Ammoniten- u. Schwammfacies	Astartien und obere Korallenkalke (Tonnerre ꝛc.)	Kimmeridgethon, unterer Teil	Nerineenschichten Schichten mit Terebratula humeralis
Oxfordstufe	Zone des Peltoceras bimammatum	Ammoniten- u. Schwammfacies	Korallen- und Kieselkalkfacies, in die Ammonitenfacies übergehend Myacitenmergel	Korallenkalk Myacitenmergel	Untere Korallenkalke	Upper calcareous Grit Korallenoolith	Korallenoolith
	Zone des Peltoceras transversarium	Ammonitenfacies	Ammoniten- u. Schwammfacies	Myacitenmergel? / Ammonitenschichten	Oxfordthon	? Lower calcareous Grit Oxfordthon	
	Zone des Aspidoceras perarmatum	Ammonitenfacies	Ammonitenfacies	Ammonitenfacies	Oxfordthon	Oxfordthon	Herfumer Schichten (Ammonitenfacies)
				Kellowaystufe			

Ammoniten- und Schwammkalken entwickelt, und erst im oberen Kimmeridge macht sich die Nähe der Küste und die geringe Tiefe des Meeres durch die Korallenkalke von Nattheim und die massigen Felsenkalke und Dolomite fühlbar. Auch im unteren Tithon dauert der Korallenwuchs

Digitized by Google

stellenweise noch fort, daneben aber tritt hier das interessanteste Juragebilde auf, das wir kennen: der schon oben (S. 221) besprochene Solnhofener Schiefer. Reine marine Kalke sind in der Regel nicht geschiefert; dadurch wird die Vermutung nahegelegt, daß das Material hier nicht, wie bei anderen Kalken, durch Organismen, durch die Schalen von Foraminiferen, Mollusken, Kalkalgen 2c., gebildet, sondern als feiner Kalkschlamm von einem benachbarten festen Lande hergebracht sei. Diese Annahme wird durch die Beobachtung gestützt, daß in vielen Fällen die lithographischen Schiefer den älteren Juragesteinen nicht gleichmäßig aufgelagert sind, sondern in Becken liegen, die von Höhen der Kimmeridgekalke und Dolomite eingesäumt werden. In solchen Buchten, die nicht in ganz freier Kommunikation mit dem offenen Meere stehen, kann sich der mitgeführte Kalkschlamm erhalten, ohne vom Meerwasser aufgelöst zu werden. Es wird dies um so mehr der Fall gewesen sein, als das Wasser überaus seicht war: man hat Fußfährten von Landtieren auf der Oberfläche der Solnhofener Schieferplatten gefunden.

In dem ganzen süddeutschen Juragebiet ist ein sanftes, kaum merkliches Einfallen der Schichten gegen Süden und Südosten bemerkbar, das wahrscheinlich mit einer ursprünglichen Neigung des Meeresbodens in Zusammenhang steht. Bei einer Trockenlegung des ursprünglichen Meeresbodens mußten also die nördlichen Regionen zuerst emportauchen und das Meer allmählich nach Süden zurückweichen. Es lag also gegen Norden ein weites Land aus damals jungen, teilweise noch wenig erhärteten Kalkschichten, von dem die Flüsse das Material für die Bildung der Solnhofener Schiefer herbeibrachten. Ob etwa Verhältnisse, wie wir sie heute in den Lagunen der Barrierriffe finden, dabei mitwirkten, das ist eine Frage, auf die wir nicht weiter eingehen wollen. In diesen Wassern lebten Fische, Reptile, Krebse, wenige Mollusken, einige See-Igel, zahlreiche ungestielte Crinoiden, Seesterne, Würmer, Quallen; strandbewohnende Landtiere wateten umher, und fliegende Tiere, Vögel, Pterodaktylen, Insekten wurden vom Wind ins Wasser getrieben. Daß sich von diesen Formen selbst die zartesten Abdrücke erhielten, wäre bei einem gewöhnlichen Kalksediment unmöglich, das vorwiegend aus Tierschalen und ihren Trümmern entsteht; es weisen diese Vorkommnisse auf viel zartere Beschaffenheit des Niederschlags, auf einen aus der Trübung kalkiger Flüsse herrührenden Kalkschlamm hin.

In Süddeutschland und überhaupt in dem größten Teil von Mitteleuropa fand nun ein vollständiger Rückzug des Meeres statt: die oberste Zone des Jura ist in den meisten Gegenden nicht vertreten; nur in England, in Norddeutschland, an einigen Punkten im Juragebirge, spurenweise vielleicht auch in Nordfrankreich treten Binnenablagerungen, die Purbeckschichten, auf. Es sind das weder reine Meeresbildungen noch echte Süßwasserablagerungen, sie stammen aus Brackwasserbecken mit schwach gesalzenem Wasser, worin verkümmerte Überreste der marinen Jurafaunen (kleine Muscheln, Schnecken, Ringelwürmer und vereinzelte See-Igel) zusammen mit Binnenkonchylien vorkommen. Soweit die Formen marinen Gattungen angehören, stimmen sie meist mit solchen der Kimmeridge- und Portlandbildungen überein. Dazu gesellen sich Süßwasserkonchylien und Englands interessante Überreste von Reptilen und Säugetieren.

Der Jura schließt mit den Purbeckschichten ab. Aber in unmittelbarstem Zusammenhang mit ihm stehen andere Binnenablagerungen, die Wealdenbildungen, die in Norddeutschland (am Deister südlich von Hannover), in Belgien und im südwestlichen England außerordentlich entwickelt und gleichzeitig mit den tiefsten Marinablagerungen der Kreideformation entstanden sind, obwohl sie zahlreiche Arten enthalten, die aus dem Jura unverändert heraufreichen. So verhält es sich nach den Untersuchungen von Struckmann mit den Wealdenschichten der Umgebung von Hannover; und niemand würde daran zweifeln, daß sie noch zu der Juraformation gehören, wenn sie nicht stellenweise das tiefste marine Glied der Kreideformation, das untere Neokom, ersetzten, ja in Norddeutschland wie in England Bänke von marinem Neokom eingelagert enthielten.

Digitized by Google

Wir werden bei Besprechung der Kreide noch auf diese merkwürdigen Vorkommnisse zurückgreifen; hier liegt ihre Bedeutung darin, daß sie uns wieder einmal die vollständig zusammenhängende und ununterbrochene Entwickelung an der Grenze zweier Formationen unwiderleglich darthun.

Während wir hier gegen Ende der Juraformation eine bedeutende Veränderung in der Verteilung von Wasser und Land vor sich gehen sehen, wodurch das mitteleuropäische Gebiet trocken gelegt wird, haben andere Verschiebungen entgegengesetzter Art schon früher während der Dauer des Jura stattgefunden. Der Lias ist zwar in ganz Westeuropa vorhanden; er fehlt aber in den östlicher gelegenen Teilen der mitteleuropäischen Provinz. In Norddeutschland ist der östlichste Liaspunkt, den wir kennen, Kammin an der Ostsee, wo eine Tiefbohrung dessen Anwesenheit verraten hat; weiter nach Osten fehlt er sowohl unter den wenigen isolierten Punkten, wo man anstehenden Jura kennt, als auch unter jenen zahlreichen Geschieben des Diluviallehmes, die die letzten Reste einer durch Erosion zerstörten Juraablagerung darstellen. In Süddeutschland fehlt der Lias schon bei Regensburg und Passau, und ebensowenig ist er in den jurassischen Partien in Sachsen und Nordböhmen, im außerkarpathischen Teile von Mähren, in der Umgebung von Krakau und den anstoßenden Teilen von Russisch-Polen vorhanden. In allen diesen Gebieten liegt irgend ein Glied des mittleren oder oberen Jura übergreifend auf bedeutend älteren Schichten, und dann folgen die jüngeren Ablagerungen in regelmäßiger Folge.

Als Typus mag Oberschlesien und die Umgebung von Krakau dienen. Hier fehlen der Lias und die tiefsten Zonen des mittleren Jura, und die Schichtfolge beginnt mit braunen, dem unteren Teile des mittleren Jura angehörenden Sanden; dann folgen Thone, die die Zonen der Parkinsonia Parkinsoni und der Parkinsonia ferruginea repräsentieren; darüber stellen sich dünne, gelbbraune Oolithe mit reicher Fauna ein, die den oberen Teil der Bathstufe und die ganze Kellowaystufe umfassen, und endlich mächtige, reichgegliederte, helle Kalke der Oxfordstufe. Häufig fehlen die untersten Glieder ganz oder teilweise, so daß an verschiedenen Punkten bald die eine, bald die andere Schicht unmittelbar auf vorjurassischen Ablagerungen ruht. Analoge Erscheinungen wiederholen sich auch noch weiterhin im östlichsten Teile der mitteleuropäischen Provinz. So lagern in Podolien im Thale des Dnjestr bei Nizniow fossilreiche Kalkablagerungen der Kimmeridgestufe auf altpaläozoischen Gesteinen, und nahe übereinstimmende Kalke treten noch weiter im Osten, in Südrußland bei Isjum am Donez und am Bogdoberge an der unteren Wolga, auf. In allen diesen Gegenden fehlt also der Lias, und der Jura beginnt mit irgend einem Gliede der mittleren oder oberen Abteilung.

So weitverbreitet aber auch diese Erscheinung im östlichen Teile der mitteleuropäischen Region ist, so ist dies doch nur ein verschwindend kleiner Teil eines Phänomens, das uns in anderen Juraprovinzen im riesigsten Maßstab entgegentritt. Abgesehen vom Kaukasus und dem östlichen Persien ist im ganzen europäischen und asiatischen Rußland, in der indischen Halbinsel, auf Spitzbergen, Nowaja Semlja und im nordwestlichsten Nordamerika keine Spur von marinem Lias bekannt, während höhere Juraschichten in allen diesen Gegenden übergreifend auftreten, namentlich im europäischen Rußland und in Sibirien über ungeheure Strecken hin. Offenbar waren alle diese Regionen bei Beginn des Jura, während des ganzen Lias und eines Teiles des mittleren Jura Festland; in der zweiten Hälfte des mittleren, stellenweise wohl auch erst während des oberen Jura wurden sie überflutet. Es ist das eine der großartigsten Verschiebungen in dem Verhältnis zwischen Land und Meer, die wir überhaupt kennen, eine Veränderung, die die geographischen Verhältnisse des ganzen Erdkreises beeinflussen mußte.

Wir können uns jetzt auch erklären, warum in der Zeit des oberen Jura eine so gewaltige Abnahme der Zufuhr an mechanischem Sediment in Mitteleuropa stattfand, obwohl der Wasserspiegel im Sinken begriffen war. Während der ersten Hälfte des Jura grenzte im Osten an die

Digitized by Google

mitteleuropäische Provinz ein riesiger Ostkontinent, der, nach den heutigen geographischen Bezeichnungen, vom Westrande des Fichtelgebirges bis an den Stillen Ozean reichte, ja mit dem vielleicht sogar der größte Teil von Afrika zusammenhing. Wir können als sicher voraussetzen, daß am Westrande dieser gewaltigen Landmasse große Ströme ihre schlammbeladenen Wasser in das mitteleuropäische Meer wälzten und es mit Sedimenten erfüllten. Mit dem Untertauchen jener Festländer aber hörte natürlich diese Zufuhr auf, und damit mußte auch ein Dominieren der Kalkbildungen eintreten.

Der alpine Jura.

Ganz andere Verhältnisse finden wir, wenn wir uns den Ablagerungen der alpinen Region zuwenden. Als den wichtigsten Unterschied Mitteleuropa gegenüber haben wir schon das Vorkommen gewisser Gattungen, wie Phylloceras, Lytoceras, Haploceras und Simoceras, unter den Ammoniten kennen gelernt, die unabhängig von den Faciesverhältnissen durch fast alle Ammonitenschichten dieser südeuropäischen Region hindurch in fortlaufenden Formenreihen entwickelt sind, während sie in die mitteleuropäischen Bildungen nur als Fremdlinge sporadisch eindringen. Zwar werden einzelne häufig, aber sie siedeln sich nie auf die Dauer an, bringen es nie zu einer autochthonen Entwickelung, sie verschwinden immer wieder, um etwas später in ganz anderen Typen wieder einzuwandern. Bezeichnend ist dabei, daß sich ein großer Teil dieser Kolonisten durchaus nicht über die ganze mitteleuropäische Provinz ausbreitet, sondern nur deren südlichsten Rand erreicht und in Schwaben, im Krakauer Gebiet, im Schweizer Jura oder im Rhônebecken erscheint, ohne weiter nach Norden vorzudringen.

Allein neben diesen bestimmenden kommen auch andere zwar auffallende, aber weniger wichtige, man könnte sagen zufällige Unterschiede vor. So sind gewisse Faciesentwickelungen ziemlich ausschließlich auf die alpine Provinz beschränkt, ohne in ihr allgemein verbreitet zu sein. Dahin gehört die Ausbildung in Form roter Ammonitenkalke, die in den Ostalpen, in den Apenninen, den Karpathen und in Spanien zahlreich vorkommen, den Westalpen dagegen fehlen. Wir haben diese Gesteine, die den roten Orthocerenkalken des Silur, den Kramenzelkalken des Devons und den Hallstätter Kalken der Trias nahe stehen, bei einer früheren Gelegenheit eingehend besprochen und in ihnen Ablagerungen aus großen Meerestiefen erkannt. Man hat aus dem Vorkommen dieser und anderer Tiefseebildungen in der alpinen Region den Schluß gezogen, daß der Unterschied zwischen alpinem und mitteleuropäischem Typus ausschließlich auf dem Vorhandensein seichteren Wassers in dem außeralpinen Areal beruhe; allein mit Unrecht: das beweist schon das Vorkommen alpiner Korallenriffe und anderer Seichtwasserbildungen mit alpiner Cephalopodenfauna, mit Phylloceras und Lytoceras. Die roten Ammonitenkalke gehen nicht selten in dünnschichtige, oft geschieferte Kalke über, die von Versteinerungen fast nichts als Aptychen, Ammonitendeckel, führen und oft Hornsteinbänder oder selbst mächtige Hornsteinschichten enthalten. Auch von diesen Aptychenschiefern und -Kalken war schon die Rede (vgl. Band I, S. 414); es konnte darauf hingewiesen werden, daß die Hornsteine wesentlich aus Radiolarienskeletten und Schwammnadeln zusammengesetzt sind und sehr gut dem Radiolarienschlamm der Tiefsee entsprechen. Sie sind jedenfalls als Ablagerungen aus großer Meerestiefe zu betrachten.

Eine andere spezifisch alpine Facies ist die Hierlatzfacies, nach dem Hierlatzberg im Salzkammergut genannt, wo die Oberregion des unteren Lias sie ausgezeichnet aufweist. Es sind das weiße oder lichtrote, ziemlich kristallinische, bald reine, bald thonreiche Kalke, die oft in ungeheurer Menge Brachiopoden von teilweise ziemlich eigentümlichem Typus, Ammoniten von inger Größe, häufig auch reichverzierte Schnecken und Muscheln enthalten. Die Hierlatzkalke

Digitized by Google

sind stets in unregelmäßigen, taschenförmigen Vertiefungen des darunter liegenden Dachsteinkalkes eingebettet. Gewiß sind es Seichtwasserbildungen, die wahrscheinlich gelegentlich leichter negativer Verschiebungen der Strandlinie entstanden sind (vgl. Band I, S. 454).

Neben diesen Faciesausbildungen, die von allem abweichen, was wir in Mitteleuropa kennen gelernt haben, treten andere auf, die mehr Ähnlichkeit mit jenen bekannten Vorkommnissen zeigen. So finden wir mergelige Kalke und Schieferthone mit Ammoniten, oolithische Gesteine, Korallenkalke, wie sie ebensogut auch in Süddeutschland oder in Frankreich vorkommen; doch sind diese Gebilde entschieden in der Minderzahl. Im Durchschnitt können wir die alpinen Ablagerungen als Bildungen aus tieferem Wasser und aus einer Region bezeichnen, die weit weniger Zufuhr an mechanischem Sediment, an Thonschlamm und Sand erhielt, also im allgemeinen den Küsten größerer Landmassen fern lag, wenn auch einzelne Riffe von Korallen und Kalkalgen bis nahe an den Meeresspiegel reichten.

Eine andere Eigentümlichkeit des alpinen Jura, für die wir noch keine ausreichende Erklärung geben können, ist die außerordentliche Lückenhaftigkeit im mittleren und oberen Teile der Formation. Hier sind es nur drei Zonen, die allgemein verbreitet und durch ihre Fossile deutlich charakterisiert sind: die Zone des Cosmoceras ferrugineum oder der untere Horizont der Bathstufe, der untere Teil der Kimmeridgestufe (Zone der Oppelia tenuilobata) und das untere Tithon. Die übrigen Zonen sind zwar der Mehrzahl nach die eine an dieser, die andere an jener Lokalität nachgewiesen; und es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß man auch die fehlenden noch an manchen Punkten finden wird. Aber alle einzelnen Profile sind im höchsten Grade arm an aufeinander folgenden Faunen, wenn wir sie mit außeralpinen Vorkommnissen vergleichen. Natürlich hat dieses sporadische Auftreten der Faunen der Entzifferung des alpinen Jura außerordentliche Schwierigkeiten bereitet; ja, zu seiner vollkommen befriedigenden Gliederung zu gelangen, wäre kaum möglich gewesen ohne die Anhaltspunkte, die der Vergleich mit dem genau studierten außeralpinen Jura gewährt. Eine zweite Schwierigkeit lag darin, daß man die einzelnen auffallenden Entwickelungsformen nicht als das, was sie sind, als übereinstimmende Facies verschiedener Horizonte, sondern als selbständige Stufen ansah. Es wurden also alle roten Ammonitenkalke, alle in der Hierlatzfacies auftretenden Gebilde als gleichzeitig betrachtet; und dadurch entstand die Meinung, daß die Fossile in der alpinen Region ganz anders vergesellschaftet sind und aufeinander folgen als außerhalb. Eingehende Untersuchungen haben auch hier bald zu einer richtigeren Auffassung geführt.

Der Lias ist im größten Teile des Gebietes ausgezeichnet entwickelt; die östlichen Alpen und Italien haben eine Fülle von Versteinerungen geliefert. Schon bei Besprechung der außeralpinen Vorkommnisse wurde erwähnt, daß hier eine sehr eintönige Fauna herrscht, weil nur einzelne Typen aus der weit mannigfaltiger bevölkerten alpinen Region einwanderten. In der That finden wir im Zlambach- und Schreinbachgraben im Salzkammergut, auf dem Pfonsjoch bei der Pertisau am Achensee in Tirol und bei Spezzia in Italien einen überraschenden Reichtum der verschiedensten Ammoniten, Sizilien hat eine Unzahl von Muscheln und Schnecken geliefert, während Strandbildungen mit uferbewohnenden Konchylien, mit eingeschwemmten Landpflanzen und Kohlenflözen am Südrande der böhmischen Masse, auf der Grenze zwischen Ober- und Niederösterreich, auftreten (Grestener Schichten). In den höheren Teilen des Lias ist die Entwickelung in Form roter Ammonitenkalke, der Adnether Schichten (von Adneth bei Hallein), am verbreitetsten. Diese roten Marmorlagen, ein herrliches Baumaterial, treten in den verschiedensten Horizonten auf, die wieder an anderen Punkten in Form mergeliger Kalke und Schiefer, als Fleckenmergel, entwickelt sind. In der oberen Hälfte des unteren Lias und im mittleren Lias herrscht dann auch vielfach die Hierlatzfacies, die in ihren weißen oder rötlichen, etwas

Digitized by Google

kristallinischen Kalken oft ganze Scharen zierlicher kleiner Ammoniten und Brachiopoden oder reichverzierter Schnecken birgt. Eine abweichende Entwickelung bedingt eine ziemlich große Insel, die damals im nordwestlichen Teile der heutigen Balkanhalbinsel vorhanden war; Küstenbildungen mit vielen Muscheln und eingeschwemmten Landpflanzen in Südtirol und Venetien, ähnliche Ablagerungen in Kroatien, Kohlenflöze bei Fünfkirchen im südlichen Ungarn und bei Versaska im Banat bezeichnen uns ihre Lage.

Auffallend ärmlich ist im alpinen Gebiet der mittlere Jura vertreten. Seine tiefsten Schichten, die Ablagerungen mit Harpoceras Murchisonae und opalinum und die in die höchsten Teile des mittleren Jura gehörenden Klausschichten, zeigen sich an einer beträchtlichen Anzahl von Punkten, die übrigen Horizonte finden sich nur spärlich angedeutet. Ähnlich verhält es sich mit den tieferen Partien des oberen Jura, und erst dessen höhere Teile sind in den meisten alpinen Distrikten wieder reichlich vertreten. Es sind dies Ablagerungen der Kimmeridge- und der Tithonstufe, meist in Form von Ammoniten- oder Aptychenkalken, bisweilen aber auch als Korallenriffe oder in anderer Entwickelung. Alle Zonen des obersten Jura sind in den Alpen nachgewiesen worden; und da auch die untersten Horizonte der Kreideformation hier in derselben ammonitenreichen Facies entwickelt sind, so konnte eine vollständig ununterbrochene und lückenlose Reihenfolge hergestellt werden, die beide Formationen miteinander verbindet. Eine ansehnliche Zahl von Arten geht aus der einen Formation in die andere über.

Das war ein Resultat von erheblicher Tragweite. Wie früher erwähnt wurde, nehmen in den zuerst untersuchten mitteleuropäischen Gegenden gegen Ende des Jura Seichtwasserbildungen stark überhand; der oberste Jura ist dort gar nicht oder nur durch Brackwasserbildungen vertreten, und dasselbe gilt von den untersten Teilen der darauf folgenden Kreideformation. So schien nach den älteren Ansichten hier eine überaus scharfe Grenze vorhanden zu sein. Das nähere Studium der alpinen Gegenden hat dagegen gelehrt, daß diese scharfe Abgrenzung zwischen Jura und Kreide nur die Folge eigentümlicher lokaler Verhältnisse darstellt, und daß in den Alpen eine vollständig zusammenhängende Entwickelung vorliegt.

Weitere Verbreitung und geographische Verhältnisse des Jura.

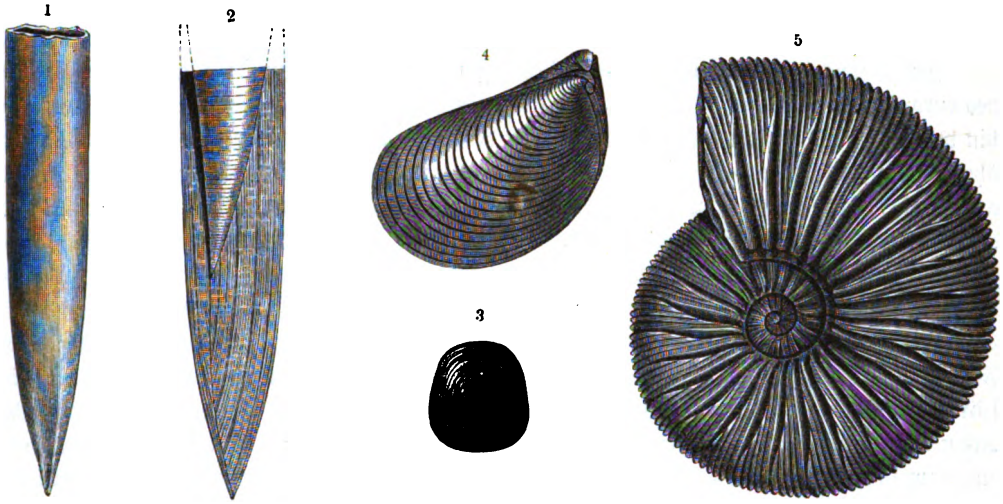
Wir haben gesehen, daß das weite Gebiet des innerrussischen Jura mit zu denen gehört, die keine Ablagerungen des Lias aufweisen, sondern erst in späterer Zeit überflutet wurden. Die Meeresbedeckung begann hier mit den untersten Schichten der Kellowaystufe, mit der Zone des Stephanoceras macrocephalum; doch fehlt diese in manchen Teilen des Gebietes, und etwas höhere Schichten liegen dann unmittelbar älten Gesteinen auf. Die Verbreitung des Jura ist hier an sich schon groß; wir dürfen aber mit Sicherheit annehmen, daß seine dünnen und aus widerstandsunfähigen Thonen und Sanden zusammengesetzten Schichten auf riesige Strecken hin denudiert worden sind. Aller Wahrscheinlichkeit nach war zur Zeit des oberen Jura das ganze innere Rußland bis hinauf zum Eismeer und an den Ural vom Meere bedeckt; ja vielleicht ragte selbst der Ural nur zum Teil als Insel über das Wasser empor. Es war auch die ganze sibirische Ebene bis an die Beringstraße überflutet, da an einer Menge von Stellen, wo die sibirischen Ströme tief genug in den Untergrund einschneiden, die jurassischen Schichten bloßgelegt werden; selbst in den hochgebirgigen Regionen Ostsibiriens reichen marine Juraschichten bis südlich vom Baikalsee, bis Nertschinsk und an die Quellen des Amur. Schwieriger ist die Frage, wie sich das russische Meeresbecken gegen Westen und Süden verhielt.

Zwischen russischem und mitteleuropäischem Jura sind Unterschiede provinzieller Natur vorhanden, ähnlich wie zwischen diesem und dem alpinen. Wie schon früher berichtet

Digitized by Google

wurde, ist von den Ammonitengattungen Phylloceras, Lytoceras, Haploceras und Simoceras, die in den Alpen in Menge, in Mitteleuropa nur spärlich vorhanden sind, in Zentralrußland noch keine Spur gefunden worden. Die Gattungen Oppelia und Aspidoceras sowie die Gruppe des Belemnites canaliculatus, die in Mitteleuropa verbreitet sind, sind in der Moskauer Region nur spärlich vertreten, Rifforallen fehlen fast ganz; dagegen ist die Ammonitensippe Cardioceras und gewisse Perisphincten, ferner die Gruppe des Belemnites excentricus und vor allen die Muschelgattung Aucella außerordentlich häufig und charakteristisch. Die untenstehende Abbildung zeigt uns einige der bezeichnendsten Formen der Entwickelung; Ammoniten und manche andere Fossile sind durch die prachtvolle Erhaltung ihrer Perlmutterschalen ausgezeichnet.

Wir haben diese Unterschiede als Provinzunterschiede bezeichnet, allein es machen sich auch noch Abweichungen anderer Art bemerkbar. Während sich nämlich der Grad der Differenz



Russische Jurafossile: 1—3) Belemnites Panderianus; 4) Aucella mosquensis; 5) Perisphinctes virgatus. (Nach d'Orbigny.)

zwischen alpinen und außeralpinen Ablagerungen im ganzen Jura gleichbleibt oder nur unregelmäßigen Schwankungen unterworfen ist, steigert sich die Abweichung zwischen den mitteleuropäischen und den russischen Jurabildungen von einer Stufe zur folgenden. Wir können uns dies nur so erklären: Das Gebiet von Moskau war, wie wir gesehen haben, bis zum Beginn der Kellowaygruppe nicht vom Meere bedeckt, und die ersten marinen Schichten, die erscheinen, haben viel Ähnlichkeit mit den entsprechenden Bildungen von Mitteleuropa, offenbar weil das vom Meere neu gewonnene Gebiet größtenteils von hier aus mit Organismen besiedelt wurde. Anfangs konnten sich natürlich nur wenig Unterschiede geltend machen, die Fauna der Macrocephalen- und Ornatenschichten Zentralrußlands weicht also von der mitteleuropäischen nur wenig ab. Aber schon in der darauffolgenden Oxfordstufe tauchen fremdartige Typen auf; und noch mehr in den jüngeren Schichten mit Perisphinctes virgatus und besonders in den Aucellenschichten. So wenig Vergleichspunkte bieten die Tierreste dieser in die Unterkreide hinaufreichenden „Wolgastufe" mit den Faunen Mitteleuropas, daß eine Gleichstellung der einzelnen Bildungen gar nicht möglich wäre, wenn nicht an der unteren Wolga eine Kolonie westeuropäischer, vermutlich aus dem kaukasischen Gebiet eingewanderter Ammoniten die Orientierung erleichterte.

In dieser von der Kellowaystufe an stetig wachsenden Verschiedenheit können wir nur den Beweis dafür finden, daß die anfangs vorhandene Verbindung nach Westen unterbrochen wurde

Digitized by Google

Südamerika, Neuseeland und Neuholland, Ablagerungen geliefert, wo Phylloceras und Lytoceras fehlen oder selten sind, während bei aller durch die weite Entfernung bedingten Verschiedenheit in den eigentlichen Provinzcharakteren Übereinstimmung mit Mitteleuropa herrscht. Das beweist uns sicher, daß die ganze Provinzgliederung des Jura auf klimatische Ursachen zurückzuführen ist. Hier können wir zum erstenmal den Einfluß der Temperatur auf die Verteilung der Meerestiere mit Sicherheit verfolgen; und von da an gelingt der Nachweis in allen späteren Formationen mit Leichtigkeit. Wollen wir nun aber versuchen, bei den vorjurassischen Formationen denselben Weg einzuschlagen, so treffen wir auf große Schwierigkeiten. Wir haben gesehen, daß die Trias in den außeralpinen Gegenden Europas in einer durchaus eigentümlichen Entwickelung als das Gebilde eines großen Binnenbeckens auftritt, und daß die Abweichung von der alpinen Region so durchgreifend, die Fauna so ärmlich ist, daß es unmöglich ist, hier Studien über die Wirkungen klimatischer Verhältnisse auf die marinen Faunen zu machen. Ebenso ungünstig sind die permischen Ablagerungen in Europa ausgebildet. Auch für die Kohlenformation bietet das Vorkommen der flözführenden Ablagerungen ein unüberwindliches Hindernis; und im Devon stört die Verbreitung des alten roten Sandsteins.

So erfahren wir auf dem eingeschlagenen Wege nur, daß zur Jurazeit in hohen Breiten eine andere, niedrigere Temperatur herrschte als in den äquatorialen Regionen; einen Anhaltspunkt aber, absolute Werte für das damalige Klima abzuleiten, um die mittlere Jahrestemperatur in irgend einer Gegend zu berechnen, erhalten wir nicht. Wohl könnte man versucht sein, die Verbreitung der Riffkorallen herbeizuziehen; es ist bekannt, daß diese Tiere jetzt nur in Gegenden leben, wo die Temperatur des Meerwassers das ganze Jahr hindurch nie unter 20° Celsius herabsinkt, und da nun solche Formen noch im oberen Jura von England und Norddeutschland auftreten, so könnte man zu der Ansicht gelangen, daß in diesen Gegenden ein derartiges Klima geherrscht habe. Die nördlichsten Spuren von Korallenriffen finden sich im Jura ungefähr unter 53° nördlicher Breite, während heute deren äußerstes Vorkommen an den Bermudasinseln unter etwa 32° nördlicher Breite liegt; also hätten sich die Isothermenlinien seit der Jurazeit um etwa 20 Breitengrade verschoben. Allein eine solche Vermutung geht von der unbewiesenen Voraussetzung aus, daß die Riffkorallen zu allen Zeiten unter denselben klimatischen Verhältnissen gelebt haben, daß seit der Jurazeit ihr Wärmebedürfnis gleich geblieben sei, eine Annahme, die nach früheren Auseinandersetzungen (vgl. S. 25) wenig wahrscheinlich ist.

Neben den Folgerungen über die klimatischen Verhältnisse erlauben die Daten über die Verbreitung der Jurasedimente und ihre Fauna und Flora in verschiedenen Ländern auch einige Schlüsse über die Verteilung von Wasser und Land; wenigstens in den rohesten Umrissen läßt sich ein Bild der jurassischen Meere und Festländer herstellen. Da jedoch die Ausdehnung des Ozeans während der Juraformation große Veränderungen erlitten hat und vor allem in weiten Länderstrecken jede Spur von Meeresablagerungen des Lias fehlt, während solche des oberen Jura vorhanden sind, so darf natürlich das Bild nur für einen bestimmten Zeitpunkt gelten. Wir wählen hierzu die Zeit der größten Ausdehnung des oberen Jura auf der nördlichen Halbkugel.

Einige fundamentale Thatsachen hierfür sind uns schon bekannt. Über Mittel- und Südeuropa, über das heutige Mittelmeer, über Algerien und Tunis breitete sich offenes Meer aus, das wir nach Syrien, Kleinasien und in den Kaukasus verfolgen können. Südlich davon haben wir in der ganzen Wüstenregion von Nordafrika und Arabien ein Gebiet, wo alle jurassischen Ablagerungen fehlen und Gebilde der oberen Kreide unmittelbar auf paläozoischen Schichten aufliegen: das Südufer unseres Meeres. Anderseits haben wir gesehen, daß das Moskauer Becken bis auf beschränkte Meeresstraßen von dem mitteleuropäischen getrennt war und zwar zunächst durch zwei Inseln, von denen sich die eine vom Don bis in die Gegend von Lublin in Polen,

Digitized by Google

die andere nördlich von Lublin bis gegen Kowno erstreckte. Weiterhin schloß sich dann die uralte skandinavische Masse an, vermutlich bis zu den Shetlandinseln. Westlich von diesen befand sich, nach dem an nordische Entwickelung sich anschließenden Jura Nordschottlands zu urteilen, wieder eine Meeresverbindung mit dem Arktischen Ozean.

Verfolgen wir die Ablagerungen nach Osten, so finden wir im südwestlichsten Teile von Sibirien, in Turan und Turkistan ausgedehnte, dem festen Lande oder süßen Wasser angehörige Kohlenbildungen des Jura: also wieder eine große Insel. Zwischen dieser Insel aber und der arabischen Wüstentafel muß sich das Meer durch Persien und Afghanistan nach Osten verbreitet haben; denn der Jura von Cutch an der Mündung des Indus stimmt nach Waagen so wunderbar mit dem mitteleuropäischen überein, daß eine unmittelbare Meeresverbindung zwischen diesen Regionen existiert haben muß. Da nun, wie Beyrich gezeigt, bei Mombas an der afrikanischen Ostküste ungefähr unter 4° südlicher Breite Jura auftritt, der mit dem von Cutch vollständig übereinstimmt, so können wir auf eine Ausdehnung des Meeres auch in diese Gegenden schließen; und in Mosambik an der afrikanischen Ostküste, im westlichen Madagaskar und in Antalo in Abessinien sind weitere Ablagerungen desselben Meeres vorhanden. Nach Westen war dieses Becken durch die große zentral- und südafrikanische Masse begrenzt, die zu den ältesten Kontinentalgebieten gehört und damals offenbar mit dem nordafrikanischen Wüstengebiet zusammenhing.

Von größter Bedeutung sind die Verhältnisse im äußersten Süden Afrikas; hier zeigt sich im östlichen Teile der Kapkolonie die schon oben genannte Uitenhaageformation, die den untersten Teil der Kreideformation, vielleicht aber auch noch ein geringes Stück des obersten Jura vertritt. Diese Ablagerung hat in ihrer Fauna nicht die mindeste Verwandtschaft mit den Vorkommnissen an der Ostküste von Zentralafrika oder auf Madagaskar, ebensowenig mit denen in Europa, wohl aber Anklänge an die Vorkommnisse in Ostindien und an der Westküste von Südamerika. Daraus geht vor allem hervor, daß zwischen den Gewässern, aus denen sich die zentralafrikanischen, und jenen, aus denen sich die südafrikanischen Juraschichten niederschlugen, Land lag, daß dagegen vom Kap der Guten Hoffnung eine Meeresverbindung zu den nördlich und östlich von dem uralten Kontinent des Dekhan gelegenen indischen Juralokalitäten vorhanden sein mußte. Wir werden dadurch zu der Hypothese geführt, daß sich von Südafrika aus über die Osthälfte von Madagaskar eine Halbinsel nach Ceylon und dem Dekhan in Indien erstreckte, ein Festland, dessen Reste in den Seschellen, Amiranten, Chagos, Malediven und Lakadiven noch heute angedeutet zu sein scheinen.

Die Verhältnisse der Uitenhaageformation leiten uns aber noch zu einem weiteren Resultat. Mit europäischen Verhältnissen zeigt sich, wie erwähnt, wenig Ähnlichkeit, wohl aber sind einzelne Anklänge an die Vorkommnisse in den chilenischen Anden vorhanden. Es handelt sich dabei nicht etwa um schwimmende Bewohner der hohen See, sondern um Muschelformen seichter Küstengewässer, die sich in der Regel nicht über das offene Meer, sondern dem Strande entlang ausbreiten. Hätte damals das südatlantische Meeresbecken schon existiert, so müßte man weit eher eine Verwandtschaft der Seichtwasserbewohner mit denen Europas als mit denen der pazifischen Region Südamerikas erwarten. Unter den küstenbewohnenden Muscheln von Chile und Bolivien haben sich europäische Typen in Menge gefunden, die ihre Verbreitung ebenfalls einer Küste entlang genommen haben müssen. Wir kommen dadurch auf die Vermutung, daß damals die uralte brasilische Masse mit der äthiopischen noch quer über den Südatlantischen Ozean zusammenhing, eine Annahme, die dadurch bestätigt wird, daß nirgends in den Küstenländern dieses Meeres Jura gefunden worden ist. Die westindische, zentralamerikanische und mexikanische Region war allem Anschein nach von einem Meere bedeckt, das mit dem mitteleuropäischen und alpinen Becken im Zusammenhang stand; dagegen war der ganze östliche Teil von Nordamerika von Texas bis

Digitized by Google

Grönland hinauf Kontinent, und eine Reihe von Gründen spricht dafür, daß sich dieses Festland über einen großen Teil des Nordatlantischen Ozeans bis gegen Schottland erstreckt habe.

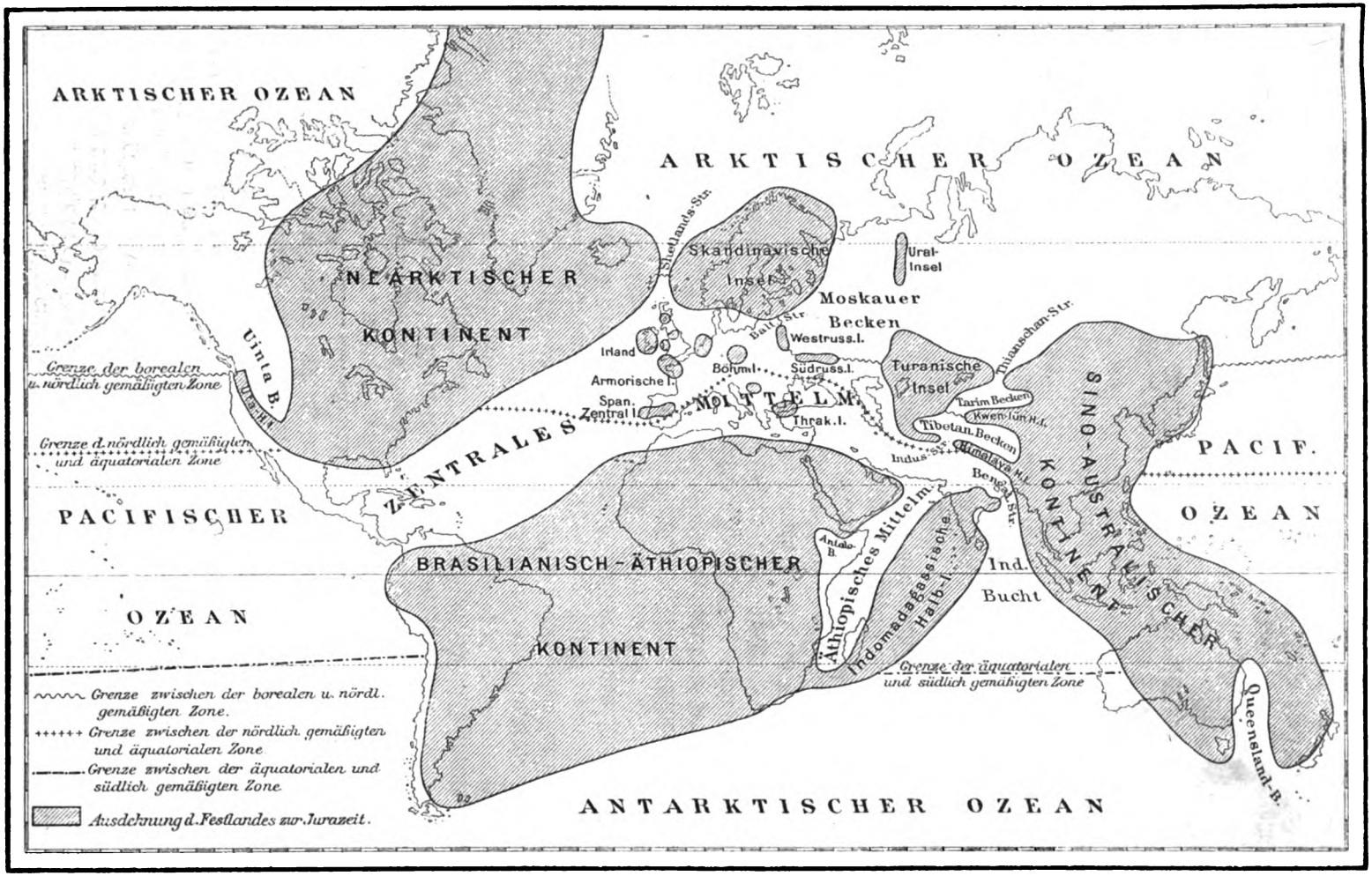
Fassen wir die bisherigen Ergebnisse zusammen, so finden wir ein schmales, in der Richtung von Westen nach Osten langgestrecktes Meer (das zentrale Mittelmeer, Ozean „Tethys"), das sich von Zentralamerika durch Mittel- und Südeuropa, Kleinasien, Persien, Afghanistan und Belutschistan bis Indien erstreckt und von der Gegend der Indusmündung eine große Bucht nach Süden bis Mosambik und Madagaskar entsendet (äthiopisches Mittelmeer). Gegen Süden wird das Ufer dieses Ozeans durch ein brasilisch-äthiopisches Festland und seinen Ausläufer, die indisch-madagassische Halbinsel, gebildet. Im Norden liegt der nearktische Kontinent, der die größere Osthälfte Nordamerikas samt Grönland umfaßt und eine bis gegen Schottland reichende Verlängerung aussendet. Weiterhin schließt sich die skandinavische Insel an, ferner die kleineren Inseln, die das Moskauer Becken vom mitteleuropäischen trennen, und endlich die große turanische Insel. Wollen wir die weitere Verbreitung von Land und Wasser gegen Osten verfolgen, so treffen wir auf weite Gebiete, wo der Jura fehlt oder durch Binnenablagerungen mit Landpflanzen und Kohlen vertreten ist. Das ist der Fall im größten Teil des Tienschangebirges, im südlichsten Teil Ostsibiriens, im russischen Amurland, in ganz China, soweit es untersucht ist, in Hinterindien, den malayischen und papuanischen Inseln und in einem großen Teil von Australien. In Japan, im südwestlichen Neuholland, im Südosten dieses Kontinents (Queensland), endlich auf Neuseeland greifen kohlenführende Binnenablagerungen und Meeresbildungen so ineinander, daß Küstengebiet vorhanden gewesen sein muß, in dem das Meer bald etwas größeres, bald etwas kleineres Gebiet umfaßte. Die Ähnlichkeit der Landflora sowie mehrere andere Gründe, die wir nicht eingehend besprechen können, verweisen uns hier auf die Existenz eines großen chinesisch-australischen Festlandes, das sich vom südöstlichen Sibirien über China, das Japanische und Chinesische Meer, Hinterindien, die australischen Inseln, Neuholland und die Fidschiinseln bis Neuseeland erstreckte.[1]

Es entsteht nun die Frage, wie sich diese Region gegen die früher besprochenen abgrenzt. Im mittleren Tienschan, am Karakorum-Paß und in den Pamir sind einzelne marine Juraablagerungen bekannt; große Verbreitung erreichen diese im tibetanischen Hochland. Hier finden wir ammonitenreiche Gesteine von durchaus fremdartigem Habitus, die durch den Charakter mancher Ammoniten, durch das häufige Auftreten von Aucellen und das Fehlen oder die Seltenheit der für die gemäßigte und äquatoriale Entwickelung charakteristischen Ammonitengattungen an die nordische Entwickelung erinnern. Mit dieser muß eine Verbindung existiert haben, die durch die marinen Juravorkommnisse im mittleren Tienschan angedeutet wird. Anderseits gibt es im tibetanischen Jura auch einzelne Arten, die in den Ablagerungen von Cutch am Indus vorhanden sind; also muß eine ganz beschränkte Verbindung auch von Süden her nach dem tibetanischen Becken dagewesen sein.

So erhalten wir eine vom Nordmeer nach dem zentralen Mittelmeer hinführende Wasserverbindung und damit die Trennung der turanischen Insel von dem chinesisch-australischen Kontinent. Dieser kann auch mit dem brasilisch-äthiopischen Festland oder dessen indisch-madagassischer Halbinsel nicht verbunden gewesen sein, da der Jura im südwestlichen Neuholland auffallend an die europäischen Vorkommnisse erinnert und daher eine Verbindung vom zentralen Mittelmeer nach Südosten bestanden haben muß. Der ganze Stille Ozean, soweit er nicht von dem chinesisch-australischen Kontinent eingenommen wurde, war augenscheinlich Meer, ebenso die Polarregion

[1] Da auf den Inseln Timor und Rotti im Sunda-Archipel mariner Lias und Jura nachgewiesen worden ist, kann das chinesisch-australische Festland keine völlig zusammenhängende Masse gebildet haben.

Digitized by Google



Karte der geographischen Verbreitung des Jurameeres. Vgl. Text, S. 264.

Digitized by Google

mit Einschluß des größten Teiles von Sibirien, Innerrußland und dem nordwestlichen Nordamerika; endlich wahrscheinlich auch die Südpolarregion oder wenigstens ihr größter Teil.

In solcher Weise ist es möglich, sich in den allergröbsten Umrissen von der Verbreitung von Wasser und Land zur Jurazeit Rechenschaft zu geben. Nur in Europa können wir etwas weiter gehen und etwa ein Dutzend Inseln unterscheiden: die böhmische Masse, das Ardennengebiet, das zentralspanische Gebirge, Irland, die Bretagne, die vermutlich mit Wales zusammenhing, und einige andere. Trotz dieser Unvollkommenheit können wir doch aus dem bisher Erreichten manche wichtige Schlüsse ableiten.

Auf der Karte (S. 263) sind die geographischen Verhältnisse, wie sie um die Mitte des oberen Jura herrschten, dargestellt; die Festländer sind dunkel gehalten, die Meere weiß gelassen und die Grenzen zwischen der äquatorialen, den beiden gemäßigten und der nördlich-polaren Zone eingezeichnet. In erster Linie fällt die Anhäufung großer Festlandsmassen um den Äquator und in den tropischen Regionen auf; wir haben hier den großen brasilisch-äthiopischen Kontinent und das chinesisch-australische Festland, die aller Wahrscheinlichkeit nach so großen Raum einnahmen, daß nicht weniger als die Hälfte des Äquators auf trocknem Lande verlief, während heute nicht ganz ein Fünftel auf Festland, vier Fünftel auf Meer fallen. Dafür war auf der nördlichen Halbkugel viel mehr Wasser als heute.

Es ist das ein ziemlich unerwartetes Ergebnis. Es wurde oben hervorgehoben, daß die Anhäufung von Festland im nördlichen Teil der nördlichen Halbkugel schon seit alter Zeit anhält; hier aber sehen wir ein durchaus verschiedenes Bild, und es fragt sich nun, wie sich diese Thatsache mit jener früher geäußerten Ansicht verträgt. Wir müssen dazu den Zustand von Meer und festem Lande während anderer Abschnitte der Juraformation ins Auge fassen, die ja in dieser Hinsicht so bedeutende Verschiedenheiten aufweisen. Der Lias, die älteste Abteilung, ist, wie schon früher erwähnt, auf der nördlichen Halbkugel viel weniger verbreitet als der obere Jura; im innerrussischen Becken und in Sibirien, dem größten Jura-Areal, das wir überhaupt kennen, fehlt nicht nur der Lias, sondern auch der ganze Dogger. Allein dasselbe Verhältnis finden wir in der ganzen nordischen Region: auf Spitzbergen, Nowaja Semlja, den Aleuten, in Grönland, in Alaska und in den Black Hills von Dakota ist nur oberer Jura vorhanden; nur auf Prinz-Patricks-Land scheint mittlerer Jura aufzutreten. Der Lias fehlt der ganzen arktischen Region. Ähnlich verhält es sich in ganz Asien. Wir kennen nur zwei Liaspunkte an den äußersten Enden des größten Erdteils: im Kaukasus und in Japan; in den anderen Regionen, in Tibet, am Indus, in Kleinasien, Syrien, ist nur oberer Jura vorhanden. In Europa selbst fehlt, außer in der Moskauer Region, der Lias dem östlichsten Teile der mitteleuropäischen Provinz östlich vom 33. Grad östlicher Länge von Ferro.

Es sind das allerdings negative Daten. Morgen kann in Zentralasien oder in den Polargegenden mariner Lias gefunden werden; ja, es wäre geradezu höchst unwahrscheinlich, anzunehmen, daß unsere Kenntnis in dieser Richtung nicht noch erweitert wird. Allein wenn dadurch auch im einzelnen unsere Anschauungen geändert werden mögen, so ist doch die Menge der Beobachtungen, die ganz bestimmt auf eine geringe Verbreitung des Lias auf der nördlichen Halbkugel hinweisen, überwältigend. Es ist dabei in hohem Grade wichtig, daß auch in den Gegenden Europas, wo mariner Lias nachgewiesen ist, eine größere Anzahl von Inseln vorhanden, die Wasserbedeckung geringer war als zur Zeit des oberen Jura. Wir haben also in den näher bekannten Gegenden der nördlichen Halbkugel gegen das Ende des Lias hin eine starke Zunahme der Wasserbedeckung und eine Transgression, ein Übergreifen, des Meeres im allergrößten Maßstabe, wie es sich in der ganzen geologischen Geschichte der Erde nur selten wiederholt. Die ersten Spuren eines Vorrückens des Meeres zeigen sich während der ersten Hälfte

Digitized by Google

des mittleren Jura, in der zweiten verstärken sie sich bedeutend; die größten Fortschritte treten aber erst nach Beginn des oberen Jura während der Ablagerung der Kellowaystufe hervor, und die weiteste Ausbreitung finden wir während der Bildung der Oxfordstufe. Allein diese ist von kurzer Dauer, und schon ihr Ende läßt in vielen Gebieten wieder einen Rückzug des Meeres oder eine Verminderung seiner Tiefe erkennen, während in Sibirien nach den allerdings noch unvollständigen Daten der oberste Jura die größte Fläche decken würde.

In der Liaszeit haben wir also noch eine Anhäufung großer Landmassen im nördlichen Teil der nördlichen Halbkugel. Und wenn wir die russischen, sibirischen und andere nordische Ablagerungen des oberen Jura betrachten, so fällt es auf, daß wir überall Bildungen aus seichtem Wasser, Sande, Thone mit vielen Muscheln und Schnecken, dagegen wenig Kalke und Mangel an Tiefseetieren, Crinoiden, Kieselschwämmen ꝛc., finden. Es hat sich also nicht etwa ein riesig ausgedehntes, tiefes Meeresbecken neu gebildet, sondern die Festlandssockel blieben offenbar erhalten und wurden nur von einer seichten Wasserdecke überflutet.

Gegen Ende der jurassischen Periode hat sich auch dieses Verhältnis bedeutend geändert. In der mitteleuropäischen Provinz macht sich der Rückzug des Meeres bemerkbar, die höheren Stufen des oberen Jura sind überall durch typische Seichtwasserbildungen vertreten, das Meer verschwindet ganz aus dieser Region. Schließlich ist in der ganzen mitteleuropäischen Provinz, abgesehen vielleicht von einem kleinen Strich im mittleren Frankreich, keine Spur mehr von marinen Bildungen, das ganze Gebiet lag trocken, und nur einige große Brackwasserseen finden sich in England, im nordwestlichen Deutschland und in einem Teil der westlichen Schweiz; ebenso gestaltet es sich in Cutch an der Mündung des Indus. Die untere Kreide ist wieder verhältnismäßig wenig in unseren Gegenden verbreitet, und wir können daher die große Ausdehnung des Meeres auf der nördlichen Halbkugel um die Mitte des oberen Jura als eine Ausnahme, als eine Episode betrachten, die sich in normale Entwickelung einschiebt.

Damit drängt sich uns aber sofort eine andere Frage auf. Wenn zu jener Zeit das Meer die nördliche Halbkugel überflutete, so müssen wir erwarten, daß in anderen Teilen der Erde ein Rückgang des Wassers stattfand, da sich seine Menge im Ozean annähernd gleich geblieben sein muß. Mit anderen Worten: ein beträchtlicher Teil der auf unserer Karte in der äquatorialen Gegend oder auf der südlichen Halbkugel als Festländer des oberen Jura bezeichneten Gebiete war während der Ablagerung des Lias vom Meere bedeckt. Eine erste Andeutung in dieser Richtung erhalten wir dadurch, daß auf Neuseeland der Lias weit entschiedener marin entwickelt ist als die höheren Jurastufen, daß ferner ein Teil des chinesisch-australischen Festlandes vom Liasmeer bedeckt war; aber wir müssen auch diese Möglichkeit für den brasilisch-äthiopischen Kontinent ins Auge fassen, und es wäre gar nicht überraschend, wenn an der afrikanischen Westküste oder im brasilischen Küstengebiet isolierte Liasschollen gefunden würden.

Natürlich ist die Kenntnis der Verbreitung von Land und Wasser in früheren Perioden und der Veränderungen, die darin vor sich gehen, von größter Bedeutung für die Entscheidung wichtiger Fragen auf dem Gebiete der dynamischen Geologie. Wir haben im ersten Bande gesehen, daß die Ansichten der Geologen über die Vorgänge, die die Verschiebung von Meer und Festland, die Veränderungen der Strandlinien hervorrufen, noch sehr geteilt sind: die einen nehmen beträchtliche Änderungen im Stande des Meeresspiegels an, die anderen Hebungen und Senkungen der Festländer. Die augenfälligste Erscheinung, die wir kennen gelernt haben, ist die Zunahme der Wasserbedeckung im nördlichen Teil der nördlichen Halbkugel. Die allgemeine Verbreitung dieser Erscheinung spricht in der entschiedensten Weise dagegen, daß wir es mit der Folge einer allgemeinen Senkung aller Festländer zu thun haben; welche Erklärung immer man den kontinentalen Hebungen und Senkungen geben mag, keine stimmt mit einer so allgemeinen

Digitized by Google

Verbreitung der Erscheinung über ein in dieser Weise begrenztes Areal. Wir hätten es geradezu mit einer Zunahme der Abplattung der Erde um den Nordpol zu thun, an der nur das Festland, nicht aber das Meer teilnähme. Eine solche Annahme darf man einfach als eine Unmöglichkeit bezeichnen; deshalb kann eine derartige Veränderung nur durch eine Verschiebung des weit beweglicheren Elements, des Wassers, bedingt sein.

Welcher Art diese Bewegung des Wassers gewesen ist, können wir allerdings vorläufig nicht entscheiden. Unter den verschiedenen Hypothesen darüber verdienen zwei Beachtung. Die eine nimmt an, daß in langen Perioden das Wasser des Meeres bald mehr auf der nördlichen, bald mehr auf der südlichen Halbkugel angehäuft ist, die andere, daß das Wasser abwechselnd den beiden Polen und dann wieder dem Äquator zuströmt. Allein hier sind die vorhandenen Daten viel zu gering, um von diesem Standpunkt aus ein Urteil oder auch nur eine Vermutung zu gestatten. Wenn einmal die Juraablagerungen auf der südlichen Halbkugel besser bekannt sein werden, so können wir schon mit einiger Aussicht auf Erfolg an diese Frage gehen; vor allem aber wäre es von höchster Wichtigkeit, den geologischen Bau der um den Südpol gelegenen Länder kennen zu lernen. Während der Erforschung der nordpolaren Regionen die größte Aufmerksamkeit geschenkt wird und zahlreiche Expeditionen dorthin entsendet werden, ist dem antarktischen Polargebiet seit Jahrzehnten fast gar keine Beachtung zu teil geworden. Seit langer Zeit hat kein wissenschaftlich ausgerüstetes Expeditionsschiff in den furchtbaren Eisgürtel einzudringen vermocht, der jene unbekannten Regionen geheimnisvoll umgibt. Erst an zwei Punkten hat man bis jetzt dort das Land betreten, das in beiden Fällen aus alten Massengesteinen bestand. Allein es ist gar nicht zu erwarten, daß sich das überall so verhält, und es wäre für die Geologie von allergrößter Wichtigkeit, wenn von dort versteinerungsführende Ablagerungen bekannt würden. Man darf ungescheut behaupten, daß auf geologischem Gebiet durch eine Expedition in ferne Länder eine wichtigere Entdeckung überhaupt nicht zu machen ist.

---

6. Die Kreideformation.

Inhalt: Die weiße Schreibkreide. — Bezeichnung und allgemeine Gliederung der Kreideformation. — Pflanzenwelt der Kreideformation. — Wirbellose Tiere der Kreideformation. — Wirbeltiere. — Verbreitung und Gliederung der unteren Kreide. — Verbreitung und Gliederung der oberen Kreide.

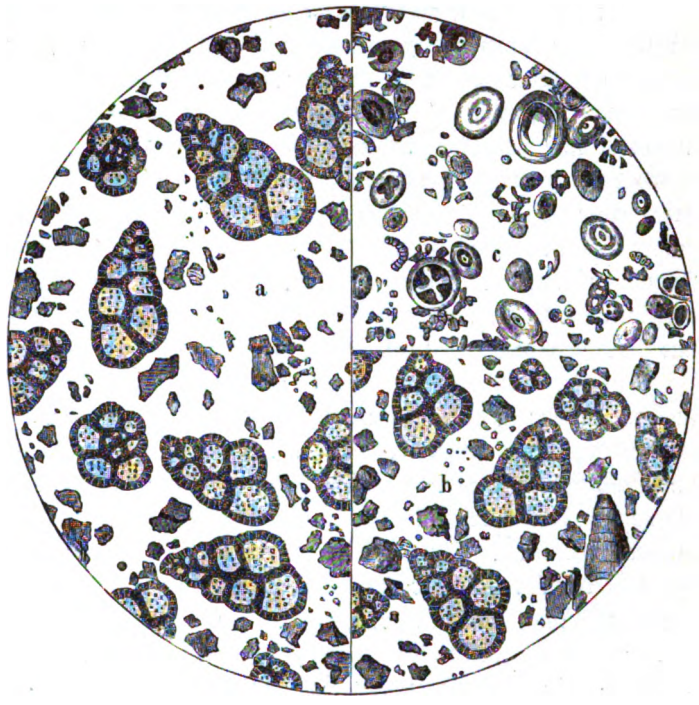
Die weiße Schreibkreide.

In einem ansehnlichen Teil von Norddeutschland, Nordfrankreich und England, in vielen Gegenden Rußlands, ferner an manchen Punkten von Syrien, Arabien und der Libyschen Wüste findet sich ein eigentümliches Gestein, die weiße Schreibkreide. Wo die Brandung des Meeres oder andere denudierende Kräfte mächtige Massen dieses Gebildes bloßlegen, da treten sie in riesigen, senkrechten Steilwänden auf, wie an der Stubbenkammer auf Rügen, an manchen Stellen der Inseln Seeland und Möen oder an der englischen Küste zwischen Dover und Brighton. Wo dagegen derartige bedeutende Aufschlüsse fehlen, bildet der Kreideboden ein wenig abwechselndes, oft etwas hügeliges Land mit dürftiger Vegetation.

Die äußeren Eigenschaften der Kreide sind allgemein bekannt. Sie ist ein weißer, graulichweißer oder gelblicher, lockerer, zerreiblicher Kalk, der stark abfärbt. Die Form allerdings, in der dieser Körper im Haushalt des Menschen verwendet wird, weicht erheblich von dem Vorkommen in der Natur ab: hier enthält die Kreide stets Körner von Quarz, Kalkspat ꝛc., ferner

Digitized by Google

Versteinerungen. Für die technische Verwertung werden alle gröberen Teile durch einen Schlämmungsprozeß entfernt: die fein zerstoßene Kreide wird in fließendes Wasser gebracht, von diesem werden nur die staubfeinen Partikelchen weggeführt, und der Absatz aus dieser milchigen Flüssigkeit ist unsere Schreibkreide. Die weiße Kreide bildet mächtige, an sich nahezu ungeschichtete Ablagerungen, in denen eine Abteilung in Bänke nur dadurch hervorgebracht wird, daß in gewissen Abständen zahlreiche Lagen von dunkeln Feuersteinknollen eingeschaltet sind, die als dunkle Streifen erscheinen. Die chemische Analyse der Kreide ergibt fast reinen kohlensauren Kalk. Weit interessantere Ergebnisse zeigt aber die mikroskopische Untersuchung[1]. Diese ergibt, daß wir es mit einem Haufwerk winziger organischer Reste zu thun haben, unter denen Foraminiferengehäuse und die noch ungleich kleineren Kokkolithen oder Kernsteinchen (vergl. Band I, S. 631) weitaus die erste Rolle spielen. Eine ähnliche Zusammensetzung finden wir zwar auch bei mikroskopischer Prüfung von Dünnschliffen mancher dichter Kalke; was aber die Kreide auszeichnet, ist der lockere Zusammenhang der Teilchen, die noch nicht durch Umkristallisierungsprozesse verbunden und undeutlich gemacht worden sind. Nur eine gewisse Erhärtung hat stattgefunden; wir sehen ein wenig erhärtetes Foraminiferensediment vor uns, wie es sich heute in den Tiefen des Ozeans bildet. Allerdings ist die Übereinstimmung der Kreide mit dem Tiefseeschlamm der jetzigen Meere nicht vollständig; unter den Foraminiferen der Kreide herrschen die Gattungen Textularia und Rotalia vor (s. obenstehende Abb.), hier Globigerina und Orbulina. Man könnte daraus schließen, daß in jener früheren Zeit eben Textularia und Rotalia allgemein die verbreiteten Foraminiferen des offenen Meeres waren; doch kennen wir schon aus älteren Formationen Globigerinenkalke. Es muß daher eine Faciesverschiedenheit noch nicht näher ergründeter Art die Ursache dieser Abweichung sein. Ja, man hat wegen dieser Erscheinung und einiger anderer Gründe angenommen, daß die weiße Kreide überhaupt keine Tiefseebildung darstelle, sondern in seichtem Wasser entstanden sei; aber die Belege hierfür können in keiner Weise überzeugen. Nicht nur die Zusammensetzung aus Foraminiferenschalen und



Schlämmrückstand von weißer Kreide: links aus Sussex; rechts unten aus der Libyschen Wüste mit Textularia und Rotalia (150fach vergrößert); rechts oben getrockneter Rückstand aus milchiger Kreideflüssigkeit, mit Kokkolithen (1200fache Vergrößerung). (Nach Zittel.)

[1] Zu einer solchen Untersuchung darf man selbstverständlich nicht das geschlämmte Material der im Handel vorkommenden Schreibkreide verwenden, sondern das Gestein, wie es in der Natur auftritt; und auch dieses zeigt erst nach der Einbettung seiner Partikeln in Kanadabalsam seine eigentümliche Beschaffenheit.

Digitized by Google

Kokkolithen spricht für die Tiefseenatur dieser Bildung, sondern auch die Natur der anderen Versteinerungen, die hier vorkommen. Wie in dem Globigerinenschlamm der heutigen Meere finden wir auch in der Kreide eine große Anzahl von Kieselschwämmen; wir treffen See-Igel, die mit denen des heutigen Globigerinenschlammes die nächste Verwandtschaft zeigen, ferner Crinoiden, zahlreiche Brachiopoden. Und wenn auch unter den Muscheln gewisse Gattungen vertreten sind, die ihre Hauptentwickelung in seichtem Wasser besitzen, so sind sie doch in der Regel durch geringe Größe und Dünnschaligkeit ausgezeichnet, so daß man daraus schließen darf, daß sie hier nicht unter den gewöhnlichen Verhältnissen lebten.

Von anderer Seite wieder wurde die Bedeutung der Ähnlichkeit der Kreide mit dem Globigerinenschlamm unserer jetzigen Meere entschieden überschätzt; man wollte daraus geradezu folgern, daß wir uns heute noch in der Kreideformation befinden. Eine solche Auffassung hat keine Berechtigung. Wesentlich aus Globigerinen zusammengesetzte Kalke kennen wir schon aus der Trias; und es ist auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß in manchen Meeresteilen eine ununterbrochene Ablagerung von Foraminiferensediment von der mesozoischen Zeit bis heute stattgefunden habe. Aber die Zufälligkeit, daß uns ein solches Foraminiferensediment gerade hier wenig verändert erhalten worden ist, hat doch gewiß mit der Zusammengehörigkeit zu einer geologischen Formation nicht das mindeste zu thun. Ebensogut könnte man aus der Ähnlichkeit mancher obersilurischer Korallenablagerungen mit den Bildungen an heutigen Riffen schließen, daß wir uns heute noch in der Zeit des Silurs befinden.

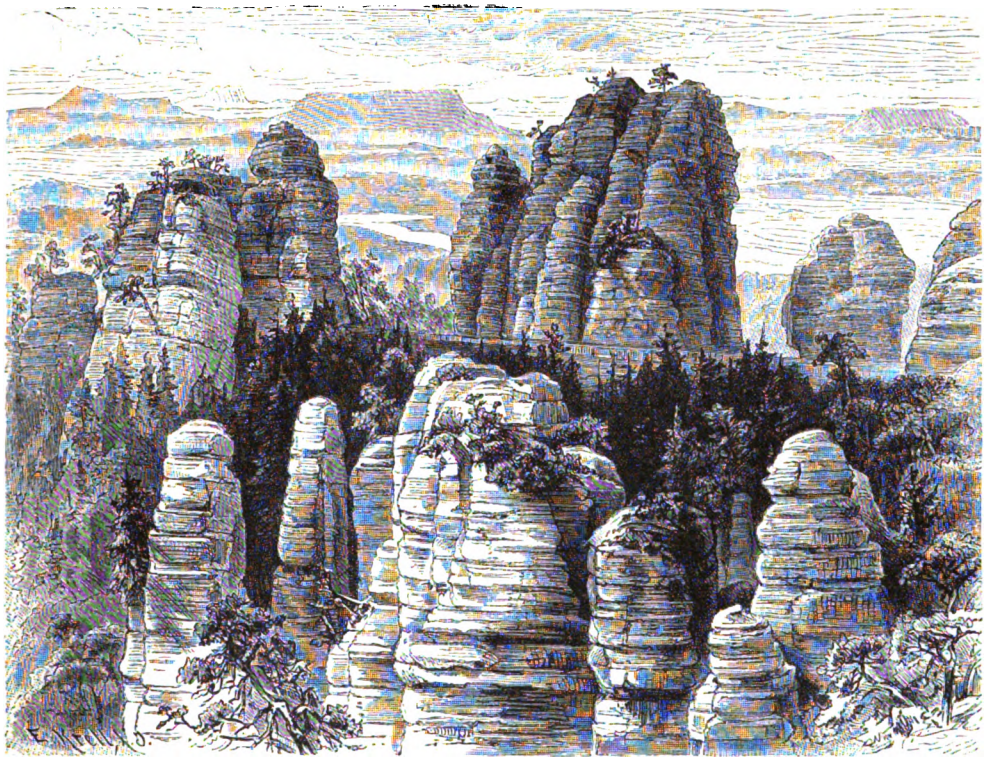
Ein eigentümliches Vorkommen in der weißen Kreide bilden die massenhaften Feuersteinknollen, die wir in den jetzigen Tiefseebildungen nicht finden. Allerdings enthalten auch diese einen namhaften Kieselgehalt, durch eine Menge von kieseligen Schwammnadeln, Radiolarien- und Diatomeengerüsten verursacht; während aber der Kieselgehalt hier durch das ganze Sediment gleichmäßig verteilt erscheint, ist er in der Kreide selbst überaus gering und ganz in den Feuersteinen konzentriert. Man hat daran gedacht, daß die Feuersteine die im Umrisse nicht mehr deutlich erkennbaren Körper von Kieselschwämmen seien. Allein wenigstens unmittelbar ist eine solche Auffassung nicht haltbar: das lockere, aus zarten Nadeln aufgebaute Spongiengerüst enthält viel weniger Kieselsäure als ein Feuersteinknollen von gleichem Umfang. Allerdings weist die mikroskopische Untersuchung nach, daß oft ein Schwammkörper Anlaß zur Feuersteinbildung gegeben, das Zentrum gebildet hat, an das sich weitere Kieselsäure anlagerte; oft jedoch finden wir auch die ursprünglich kalkigen Gehäuse verschiedener Versteinerungen in Kiesel verwandelt oder noch weit öfter mit solchem ausgefüllt. Wir müssen annehmen, daß sich die ursprünglich durch die ganze Kreideablagerung verteilte Kieselsäure später unter der Einwirkung der im Gesteine zirkulierenden Wasser in gewissen Zentren vereinigt und hier die Feuersteine gebildet habe.

Bezeichnung und allgemeine Gliederung der Kreideformation.

Da eine so auffallende Felsart wie die weiße Kreide sofort die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich ziehen mußte, finden wir frühzeitig eine Kreideformation erwähnt, ursprünglich mit dem Gedanken, daß sie sich überall mit gleichen Merkmalen abgelagert habe. Daß dem nicht so sei, erläutert wohl schon die kurze Schilderung der weißen Kreide: wir haben in dieser ein ganz bestimmtes Faciesgebilde kennen gelernt, das in anderen Gegenden durch Ablagerungen von abweichender mineralogischer Beschaffenheit und anderer Versteinerungsführung vertreten wird. In der That ergab sich bald, daß die Kreide durch die sogenannten Kreidemergel in gewöhnliche dichte Kalke oder Mergel gleichen Alters übergeht, man entdeckte gleichzeitige Thon- und

Digitized by Google

Sandsteinbildungen; trotzdem wurde der Name beibehalten. Später fand man, daß ein mächtiges, vielgliederiges und versteinerungsreiches System von Ablagerungen zwischen der weißen Kreide und dem oberen Jura mit jener wenigstens innerhalb Europa viele Beziehungen zeigt. Man stellte nun auch diese Bildungen, wo kreideähnliche Gesteine vollständig fehlen, zur Kreideformation; und so wurde dieser Name unpassend ausgedehnt. Man darf wohl sagen, daß keine der Bezeichnungen für geologische Formationen so unglücklich gewählt ist wie diese. Wohl haben wir etwas Ähnliches in der Steinkohlenformation, in der die Kohle nur einen bescheidenen Teil der zusammensetzenden Gesteine ausmacht; aber hier kommen Kohlenflöze wenigstens von oben bis



Die Bastei in der Sächsischen Schweiz. Vgl. Text, S. 270 und 297.

unten in allen Horizonten vor, wenn auch nicht in allen in gleicher Häufigkeit. Bei der Kreideformation aber sehen wir das den Namen gebende Gestein ganz auf die oberste Region beschränkt; wäre der Name nicht so vollständig in Fleisch und Blut übergegangen, daß eine Änderung kaum mehr möglich ist, so wäre eine solche sehr wünschenswert. Der Geolog von Fach weiß allerdings genau genug, daß, wenn von Kreideschichten die Rede ist, diese weit öfter aus Thon, Schiefer, Sandstein, Kalk als aus wirklicher Kreide bestehen, und es kann das kaum mehr zu Irrungen Anlaß geben; störend muß aber dieser doppelsinnige Sprachgebrauch für den sein, der erst einen Überblick über die Geologie zu gewinnen sucht. Wir werden, um Verwechselungen zu vermeiden, da, wo es sich um das eigentliche, nur in der Oberregion der Formation in einigen Ländern vorkommende Kreidegestein handelt, immer den Namen weiße Kreide oder Schreibkreide gebrauchen, dagegen unter Kreide schlechthin die ganze geologische Formation mit allen ihren mannigfaltigen Entwickelungsarten verstehen.

Digitized by Google

Die einzelnen Glieder, die heute unter dem Namen der Kreideformation vereinigt werden, sind ursprünglich verschieden beurteilt, und ihre Zusammengehörigkeit ist lange verkannt worden. In manchen Gegenden, namentlich in Sachsen und Böhmen, ist ein Teil der oberen Kreide durch mächtigen Sandstein vertreten, der wegen seiner Neigung zur quaderförmigen Absonderung den Namen Quadersandstein erhalten hat. Zahlreiche senkrechte Klüfte bringen es mit sich, daß bei der Verwitterung und Denudation senkrechte Abstürze entstehen, daß inmitten eines der Zerstörung verfallenden Komplexes einzelne riesige, oft sehr schlanke Pfeiler stehen bleiben und auch sonst eigentümliche Verwitterungsformen hervortreten. Dieser Eigentümlichkeit verdankt die Sächsische und Böhmische Schweiz ihren landschaftlichen Reiz; die senkrecht abfallenden Felsklötze des Königsteins und Liliensteins, die kühnen Türme und Spitzen der Bastei (s. Abbild., S. 269), die Säulen des Bieler Grundes, die vielgerühmten Adersbacher Steine in Böhmen, sie alle werden von dem Quader gebildet.

Vielfach in Verbindung mit diesem Sandstein, oft aber, namentlich im nordwestlichen Deutschland, ohne solchen, treten mehr oder weniger mergelige Kalke auf, die den Namen Pläner, korrumpiert aus Plauener Stein, erhalten haben. Auch der Pläner, ebenso wie der Quader, wurde in früherer Zeit als selbständige Formation betrachtet. Bald aber erkannte man, daß alle diese Gebilde sowie die Schreibkreide geologisch und paläontologisch enge Verwandtschaft zeigen; sie gehören alle dem oberen Teil der Kreideformation an. Dagegen wurden die Vertreter der unteren Kreide im nordwestlichen Deutschland als selbständige Bildungen, als Hilskonglomerate und Hilsthone, aufgefaßt.

Im allgemeinen sind im nördlichen und mittleren Deutschland die Verhältnisse nicht danach angethan, einem frühen Stadium der geologischen Wissenschaft die Erkenntnis der Beziehungen und Reihenfolge der einzelnen Glieder zu erleichtern; vielfacher Facieswechsel und schlechte Aufschlüsse erschweren hier das Studium in hohem Grade. Günstigere Verhältnisse finden sich in England; hier wurde zuerst die Reihenfolge der Kreideablagerungen festgestellt. Das tiefste marine Glied bildet hier der untere Grünsand, eine Bildung, die für England von großer Bedeutung ist, weil sie für viele Gegenden und namentlich für die Umgebung von London den Hauptwasserhorizont bildet, den man bei artesischen Brunnenanlagen zu erbohren strebt. Dann folgt eine Thonbildung, der Gault, an vielen Punkten durch die Menge seiner häufig mit prächtiger Perlmutterschale erhaltenen Versteinerungen ausgezeichnet; über diesen erheben sich nochmals Grünsandablagerungen, der obere Grünsand, dann unreine, mergelig-kreidige Kalke, der Kreidemergel, und endlich als das oberste Glied die weiße Kreide.

In ausgezeichneter Entwickelung ist die Kreideformation in Frankreich vertreten. Hier ließ sich nicht nur die lokale Schichtfolge erkennen, sondern auch eine allgemeinere Gliederung feststellen, in die einander entsprechende, gleichalterige Ablagerungen der verschiedensten Gegenden eingereiht wurden. Es ist das namentlich das Verdienst des unermüdlichen französischen Forschers d'Orbigny, der folgende Einteilung in Etagen gab:

7) Danien (nach Dänemark genannt).
6) Senonien (nach dem gallischen Stamme der Senonen).
5) Turonien (nach dem gallischen Stamme der Turonen).
4) Cenomanien (nach Cenomanum, Le Mans, in Frankreich).
3) Albien (nach dem französischen Departement Aube).
2) Aptien (nach der Stadt Apt in Frankreich).
1) Neocomien (nach Neocomum, Neuchâtel).

Wir werden hier eine Gruppierung vornehmen, die in einigen Punkten abweicht, indem das als oberste Stufe des Senons zu betrachtende Danien wegfällt und für den ungebräuchlichen

Digitized by Google

Namen Albien die bekanntere Bezeichnung Gault eintritt, die einem englischen Lokalnamen entlehnt ist. Wir unterscheiden demnach:

A. Obere Kreide.	B Untere Kreide.
6) Senon.	3) Gault.
5) Turon.	2) Aptien.
4) Cenoman.	1) Neokom.

Innerhalb dieser sechs Hauptstufen ist wieder, wie innerhalb des Jura, eine große Anzahl kleinerer Abteilungen unterschieden worden, die wir hier nicht alle anführen wollen. Die Detailgliederung des Jura wurde mitgeteilt, um einmal ein Bild zu geben, wie weit die Forschung in die Einzelheiten eingeht; es entspräche aber dem Zwecke dieses Buches nicht, in jeder einzelnen Formation die letzten Glieder des Systems anzuführen.

Pflanzenwelt der Kreideformation.

Wenn wir bei der Betrachtung der Kreideflora zunächst in Europa Umschau halten, so begegnen wir in der Unterkreide Pflanzen, die nur wenig von den jurassischen Typen abweichen: Baumfarne, Nadelhölzer und Sagopalmen bilden die eintönigen Waldbestände. Bei den Nadelhölzern befremdet uns eine ungewohnte Mischung der Formen; eigentümliche Typen, wie die den Cypressen verwandten Frenelopsis, treten neben Salisburiaceen auf, die sich in einer chinesischen Art, Gingko biloba, bis auf den heutigen Tag erhalten haben. Daneben kommen auch schon echte Tannen vor. Die Sümpfe sind, statt von mächtigen Kalamarien, von kleinen Schachtelhalmen besiedelt; mit ihnen gedeihen kleine Bärlappgewächse und Characeen. Namentlich die Wealdenbildungen Norddeutschlands und Englands und die Wernsdorfer Schichten der mährisch-schlesischen Karpathen haben uns mit dieser Flora bekannt gemacht.

Sowie wir uns aber an einer der zahlreicheren Pflanzenfundstellen der oberen Kreide umsehen, verändert sich sofort das Bild vollständig: statt der Farne, Nadelhölzer und Cykadeen stellen sich in Menge die Blätter von Blütenpflanzen ein. Besonders überrascht uns dabei die Wahrnehmung, daß nicht etwa zuerst einzelne Vorläufer der neuen Typen auftauchen, Formen, die von den jetzigen Vertretern weit abweichen, und in denen man entweder Sammeltypen vermuten könnte, die die Charaktere mehrerer heute voneinander getrennter Familien in sich vereinigen, oder Übergangsformen, die die neuen Gruppen mit geologisch älteren verbinden. Nichts derartiges ist zu bemerken. Sofort erscheint ein ganzes Heer der verschiedenartigsten Formen, und darunter zahlreiche, die mit den jetzt lebenden so nahe übereinstimmen, daß man ihre Zugehörigkeit zu einander nicht bestreiten darf. Wohl sind auch ausgestorbene Typen vorhanden; so vor allen die großblätterigen Credneria, die zu den charakteristischsten Pflanzen der Kreide gehören, und über deren verwandtschaftliche Beziehungen man noch nicht klar ist. Aber neben ihnen treten Tulpenbäume auf, die prachtvollen Magnolien Nordamerikas und Chinas sind verbreitet, wir finden Eichen, Buchen, Weiden, Kirschbäume, Epheu, daneben echt tropische Gewächse aus den Abteilungen der Cäsalpinien, der Araliaceen, der Palmen 2c.

Kaum bei irgend einer Gelegenheit tritt die Schwierigkeit oder, richtiger gesagt, die Unmöglichkeit klarer hervor, aus der Pflanzenwelt ein sicheres Urteil über das Klima einer Periode zu fällen. Neben zahlreichen Kindern der heißen Zone finden wir die Tulpenbäume und Magnolien der warmen gemäßigten Gegenden und die Buchen, Weiden, Kirschen, Epheu und eine Reihe anderer, die heute in denselben Gegenden fortkommen, wo wir ihre Fossilreste finden; und man könnte mit demselben Recht aus dem Vorkommen der einen auf ein heißes wie aus dem

Digitized by Google

der anderen auf ein gemäßigtes Klima schließen. In Wahrheit ist es eben durchaus unzulässig, auf solcher Basis andere Schlüsse abzuleiten als den einzigen, daß die Pflanzen im Laufe geologischer Zeiträume einer weitgehenden Akklimatisation fähig waren.

Viel wichtiger ist unter diesen Umständen, was wir von der Verbreitung der Kreidepflanzen wissen. Wir sind hierfür namentlich auf Nordamerika und die borealen Gebiete angewiesen. In Nordamerika enthält die Dakotagruppe, die ungefähr unserer Cenomanstufe entspricht, eine reiche Flora; viel mehr als in Europa, treten hier die Farne, Koniferen und Cycadeen zurück, die Dikotyledonen sind weitaus in der Überzahl. Wir finden da die Tulpenbäume und die Magnolien wieder, daneben Eichen, Ficus, Platanen, Ahorne, Weißdorn, Weiden, Pappeln, Birken, Buchen, Aralien, in großer Menge die Lorbeergewächse, besonders Sassafras, ferner den Heuschreckenbaum (Hymenaea), den Seifenbaum (Sapindus) und viele andere. Nicht so sehr der tropische, als der spezifisch amerikanische Charakter macht sich an dieser Pflanzenwelt bemerkbar: die meisten Baumtypen, die gegenwärtig in Nordamerika gedeihen, sind in der obercretacischen Dakotaflora bereits vertreten, und durch allmähliche Abänderung dieser sind jene entstanden.

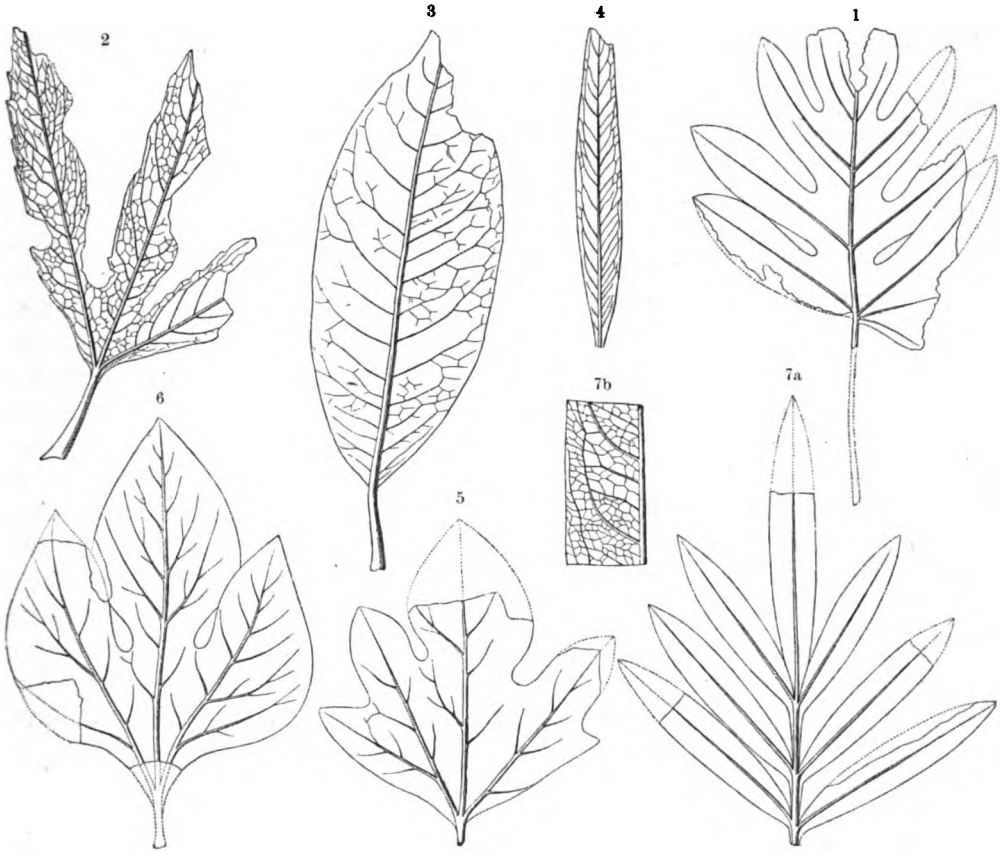
Innig sind auch die Beziehungen zu der Oberkreideflora der borealen Gebiete, namentlich Nordgrönlands. Hier enthalten die cenomanen Atanschichten Dikotyledonen in Menge; Magnolien, Credneren, Ficus-Arten, Sassafras sind auch hier vorhanden. Und neuestens ist aus dieser Gegend, unter 70° nördlicher Breite, wo heute nur eine elende krüppelhafte Vegetation ihr kümmerliches Dasein fristet, von A. Nathorst selbst der Brotfruchtbaum, Artocarpus, ein echt tropisches Gewächs, nachgewiesen worden (s. Abbildung, S. 273). Eine große Anzahl von identischen Arten, und noch mehr von Gattungen verbindet die Oberkreideflora Grönlands mit der Nordamerikas, obwohl zwischen beiden Gebieten nicht weniger als 35 Breitengrade liegen. Auch mit der europäischen Oberkreideflora ist sehr viel Übereinstimmung vorhanden.

Grönland enthält noch eine zweite Kreideflora, und zwar in den untercretacischen Komeschichten. Eine Menge von Farnkräutern, einzelne Bärlappgewächse und Schachtelhalme, eine ansehnliche Zahl von Sagopalmen und Nadelhölzern mischen sich mit Gräsern und Binsen, und die Gesamtheit der Komeflora zeigt mit der der Unterkreide Europas, namentlich mit der Flora der Wernsdorfer Schichten, eine bemerkenswerte Ähnlichkeit. Aber neben diesen Pflanzen von altem, jurassischem Gepräge kommt hier schon ein dikotyles Gewächs, eine Pappel, vor; dies mochte mit dazu beitragen, die Urheimat der europäischen Oberkreideflora, namentlich der Dikotyledonen, in das boreale Gebiet zu verlegen.

Neuere Funde in Nordamerika haben die Unrichtigkeit dieser Anschauung bewiesen. Hier tritt schon im Neokom, in der Potomacformation, eine reiche Flora von Dikotyledonen auf. Als langgezogenes Band dehnt sich diese nach dem Potomacflusse benannte, kohlenführende Formation am Ostabhang der Appalachen aus; im Neokom beginnend, reicht sie in ihren höchsten Schichten wohl bis in das Cenoman und besteht aus pflanzenreichen Ablagerungen, in denen Küstenabsätze des Meeres mit Deltabildungen cretacischer Ströme eingreifen. In den tieferen Schichten herrschen Pflanzen von jurassischem Typus vor. Daneben erscheinen aber schon einzelne Dikotyledonen, die dann in den höheren Schichten beträchtlich vorwiegen. Auffallend ist das Vorhandensein altertümlicher Sammeltypen, die wir in der Oberkreideflora Europas und des hohen Nordens gänzlich vermissen. Fontaine beschreibt eine ganze Reihe davon; so ist Proteaephyllum eine Form, die sich zunächst an Protea anschließt, aber auch Anklänge an Hedera, Persoonia, Banksia ꝛc. erkennen läßt. Araliaephyllum (s. Abbildung, S. 273, Fig. 5) vereinigt die Eigenschaften von Aralia, Liquidambar und Sassafras, Aceriphyllum (s. Abbildung, S. 273, Fig. 6), die von Acer, Sassafras, Aralia und Sterculia ꝛc. Wir können also hier die Geschichte der Dikotyledonen um einen Schritt weiter nach ihrem Ursprung hin verfolgen;

Digitized by Google

aber nur um einen kleinen Schritt. Die Gattungen, die sich hier in Sammeltypen vereinigen, sind miteinander nahe verwandt; und wir dürfen auch nicht vergessen, daß sich neben diesen altertümlichen Formen auch schon solche vorfinden, die mit jetzt lebenden der Gattung nach vollständig übereinstimmen. Unter diesen ist wieder Sassafras besonders hervorzuheben, jenes bezeichnende lorbeerartige Gewächs, das in Nordamerika heute noch den Boden seiner Vorfahren behauptet. Ferner ist hier zu nennen Hymenaea, der Heuschreckenbaum, der heute das tropische Amerika bewohnt, und endlich Sapindopsis (s. untenstehende Abbildung, Fig. 7). Diese Gattung ist sehr



1) Artocarpus Dicksoni, Brotfruchtbaum, aus grönländischer Kreide (nach Nathorst), 1/9 wirkl. Größe; 2) Aralia proxima von Buarcos (Portugal); 3) Magnolia palaeocretica, von Buffaco (Portugal); 4) Salix assimilis, von Nazareth (Portugal; nach Saporta), 1/2 natürl. Größe; 5) Araliaephyllum obtusilobum, Potomacformation; 6) Aceriphyllum aralioides, Potomacformation; 7) Sapindopsis magnifolia (nach M. Fontaine), 1/3 wirkl. Größe. Vgl. Text, S. 272—274.

nahe verwandt, wenn nicht identisch mit Sapindus, dem Seifenbaum, einer ebenfalls tropisch-amerikanischen Form. Schon diese Formen genügen, abgesehen von manchen anderen, deren Bestimmung noch nicht ganz feststeht, um zu erkennen, daß die Potomacflora trotz des Vorhandenseins zahlreicher Sammeltypen schon einen recht modernen Charakter trägt. Glieder, die zwischen jetzt einander fernstehenden Pflanzen vermittelten, oder Formen, die uns darüber belehrten, in welcher Weise die dikotylen Blütenpflanzen aus niedrigeren Typen hervorgegangen sind, sucht man in der Potomacflora vergebens: in einer noch älteren Periode muß die Abzweigung der höheren Blütenpflanzen erfolgt sein.

Der Boden, auf dem sich dies vollzog, war gewiß nicht der boreale: dies erhellt aus dem hohen geologischen Alter und den Beziehungen der Potomac- zu der Dakotaflora und dieser zu

Digitized by Google

der jetzigen Pflanzenwelt Nordamerikas. Enthält schon die Potomacformation, wie wir gesehen haben, eine Reihe spezifisch amerikanischer Typen, so tritt das modern amerikanische Element bei der geologisch jüngeren Dakotaflora vollends in den Vordergrund. Erkennen wir somit die Pflanzenwelt Nordamerikas als echt einheimisch, als durch Formationen hindurch bodenständig, so liegt es nahe, auf dem nordamerikanischen oder nearktischen Kontinent (s. die Karte auf S. 263) die Urheimat der Dikotyledonen überhaupt zu suchen.

Ungestört konnte hier die Entwickelung der Pflanzenwelt vor sich gehen. Schon seit der Karbonzeit herrschten in Nordamerika kontinentale Verhältnisse, während Europa mit seinem oftmaligen Wechsel von Festland und Meeresbedeckung und gar die boreale Region, die zur Zeit des Oberjura und der Unterkreide weithin vom Meere überspannt war (vgl. S. 258), keinen günstigen Boden darboten. Vorderhand übersehen wir nur die Entwickelung der Flora während der Zeit der Kreideformation; wir erkennen, daß in Nordamerika Dikotyledonen zu einer Zeit geblüht haben, in der Europa noch von dem eintönigen, farblosen Pflanzenkleid überzogen war, das sich von der Juraperiode her erhalten hatte, gerade so wie sich im Gondwánaland (Indien, Australien, Südafrika) gegen Ende der paläozoischen Periode eine Flora entwickelte, die erst in mesozoischer Zeit nach Europa gelangt ist (vgl. S. 160). Wir können auch die Wege verfolgen, auf denen die Dikotyledonen von Nordamerika nach Europa wanderten; einerseits breiteten sie sich gegen Grönland aus, das sie schon zur Zeit der Unterkreide erreicht hatten, und besiedelten von da aus in der obercretacischen Periode Europa. Die innigen floristischen Beziehungen zwischen Europa, Grönland und Nordamerika gestatten mit Sicherheit diese Annahme. Anderseits aber drangen sie, und zwar anscheinend noch etwas früher, auf einem südlicheren Wege gegen die spanische Halbinsel vor; man findet in Cercal (Portugal) die ersten altertümlichen Dikotyledonen in Schichten, die dem Aptien entsprechen. Zur Zeit des Gault (Albien) greifen dann die Dikotyledonen in Portugal stark um sich und lassen sowohl Beziehungen zur Potomacflora wie auch zu der des böhmischen Cenoman erkennen. Menispermum, Aralia und Magnolia (s. Abbildung, S. 273, Fig. 2 und 3) erinnern nach Saporta besonders lebhaft an böhmische Cenomantypen; außerdem sind auch Weiden (s. Abbildung, S. 273, Fig. 4), Sassafras, Aristolochia, Proteaephyllum, Myrsinophyllum, Braseniopsis und einige andere Formen nachgewiesen. In Europa wie in Nordamerika mehren sich die Funde dikotyler Pflanzen. Schon kennt man neokome Dikotyledonen auch aus dem Westen der Vereinigten Staaten, und in Frankreich, im Departement Marne, hat man eine Lorbeerart im Albien entdeckt.

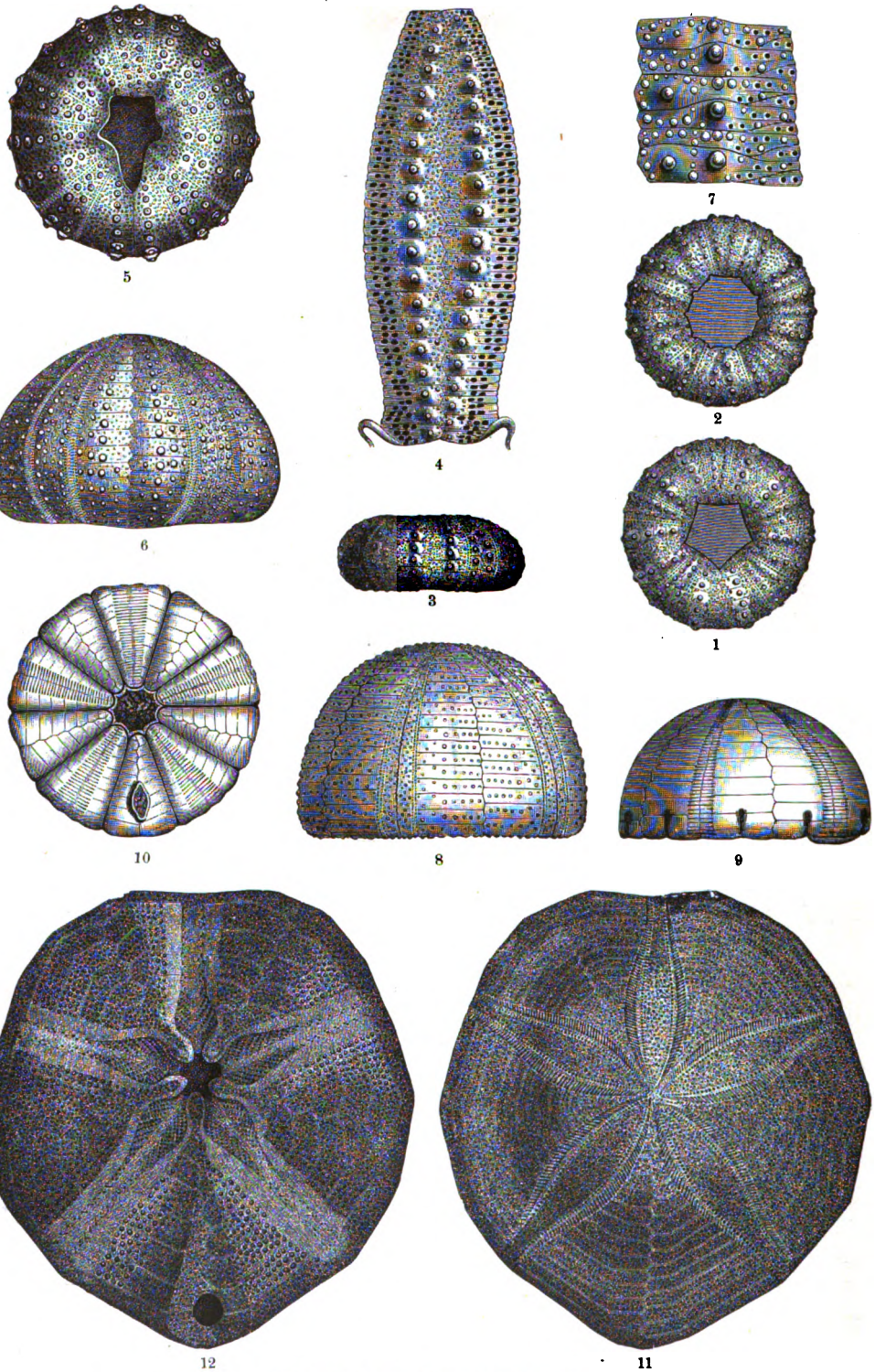
Wirbellose Tiere der Kreideformation.

In ungeheurer Menge liefert uns die Kreideformation wirbellose Tiere des Meeres und wetteifert in dieser Beziehung mit der Juraformation. Die Urtiere oder Protozoen bieten wenig Anlaß zu Bemerkungen; doch ist die Zahl der Arten, namentlich unter den Foraminiferen, groß. In Menge begegnen uns Kieselschwämme in der weißen Schreibkreide und in vielen anderen Ablagerungen im oberen Teil der Formation; ja, in Norddeutschland und England kommen ziemlich ansehnliche Schichten vor, die ganz aus den zarten Nadeln der Spongien aufgebaut sind. Viele der Kreideschwämme sind durch die Zierlichkeit ihres Baues ausgezeichnet, so die merkwürdigen, pilzähnlich gestalteten Coloptychien (s. Abbildung, S. 275), die Siphonien, die mit einer Art Wurzel am Boden angeheftet sind und auf schlankem Stiel den eigentlichen Schwammkörper tragen; und dazu gesellt sich noch eine große Menge anderer Formen.

Die Korallen sind ebenfalls reichlich vorhanden, und in den Hauptzügen ähneln die Kreideformen denen des Jura. Als ein eigentümlicher, für die obercretacischen Bildungen der alpinen

Digitized by Google

Digitized by Google



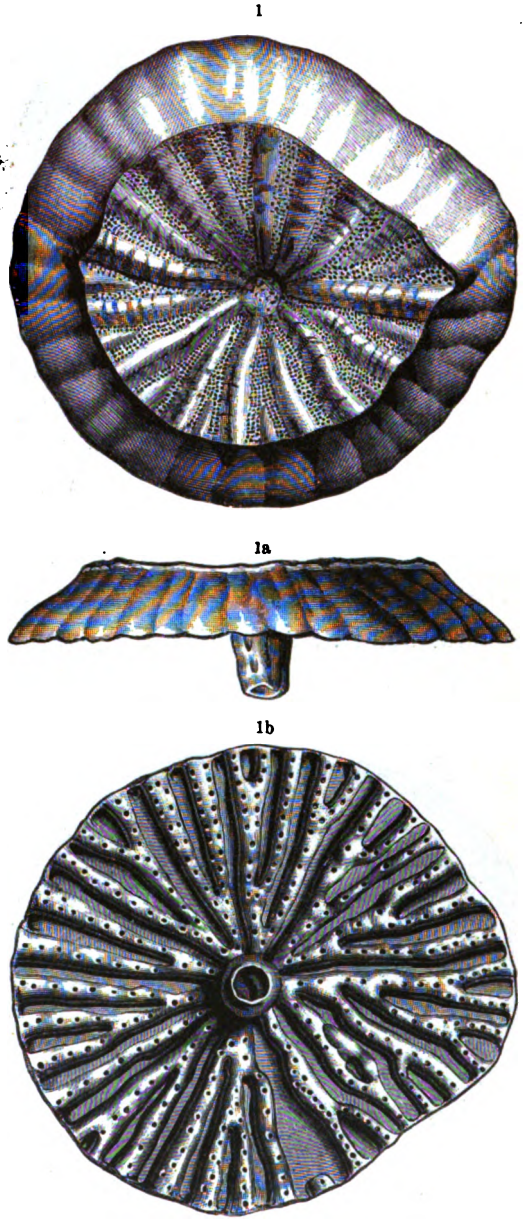
See-Igel der Kreideformation.

1—4) Pseudodiadema Bourgueti, aus dem Neokom. (Nach Cotteau.) 5) **Heterodiadema libycum, aus dem** Turon. (Nach Cotteau.) 6 u. 7) Stomechinus denudatus, aus dem Neokom. (Nach Cotteau.) 8) **Discoidea** cylindrica, aus dem Senon, Schalenexemplar. 9 u. 10) Dieselbe, Steinkern. (Nach Desor.) 11 u. 12) **Pygurus** Montmolini, aus dem Neokom. (Nach d'Orbigny.)

Digitized by Google

Region in hohem Grade charakteristischer Typus verdient die Gattung Cyclolithes (s. Abbildung, S. 276, unten) genannt zu werden, einzellige Arten mit eben ausgebreiteter, nicht gedornter Zellwand und einer Unzahl von Sternlamellen. Die Gosau im Salzkammergut, Südfrankreich 2c. haben diese Formen, die in seichtem Küstenwasser oder auf Korallenriffen lebten, in riesiger Menge geliefert.

In dem großen Kreise der Echinodermen oder Stachelhäuter haben die Seelilien oder Crinoiden seit der Jurazeit abgenommen. Interessant unter ihnen ist das Auftreten einiger ungestielter Gattungen, die durch ihre hohen und dünnen Täfelchen, durch den großen Hohlraum und den verwickelten Bau des Kelches an die Crinoiden der paläozoischen Periode, die Paläocrinoiden, erinnern. Vor allen andern fällt die Gattung Marsupites (s. Abbildung, S. 276, oben) durch ihre weite geographische Verbreitung in Europa, Nordamerika und Indien auf.



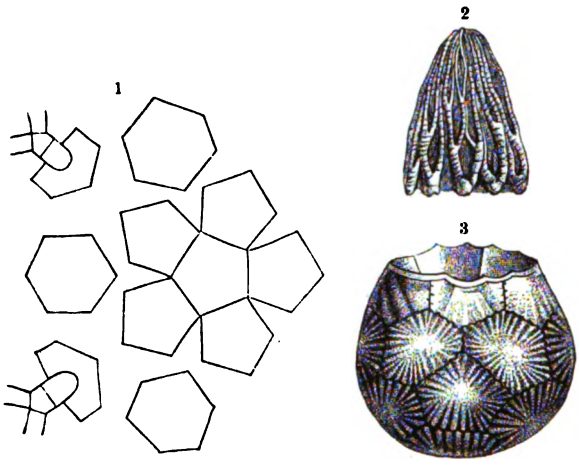
Coeloptychium, aus der oberen Kreide: 1) von oben, 1a) von der Seite, 1b) von unten. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 274.

Überaus wichtig sind die See-Igel, weil wir unter ihnen eine Reihe der sichersten Leitfossile für verschiedene Kreidehorizonte finden. Die regulären Formen, deren Charaktere wir bei Schilderung der Jurafauna kennen gelernt haben, treten auch hier in großer Menge auf. Darunter sind die Cidariden mit schmalen, einfachen Ambulacren etwas schwächer vertreten als früher, während die Familie der Glyphostomen (s. die beigeheftete Tafel „See-Igel der Kreideformation", Fig. 1—7) mit breiten, verwickelt gebauten Ambulacren und eckigem Munde, ferner die Saleniden mit einer zentralen Platte im Scheitelapparat entschieden zunehmen. In kräftigem Aufblühen sind auch die irregulären See-Igel mit exzentrischem After begriffen; alle die schon im Jura vorhandenen Familien, die Pygasteriden, die Echinonier, Cassiduliden (s. die Tafel, Fig. 11 und 12) und Dysasteriden, sind auch in der Kreide vorhanden, und namentlich die Pygasteridengattung Discoidea (s. die Tafel, Fig. 8) und die Echinoniergattung Galerites gehören zu den charakteristischen Typen der oberen Kreide. Außerdem treten aber schon in der unteren Kreide zwei neue Familien von Bedeutung auf: die Ananchytiden und die Spatangiden. Bei beiden ist nicht nur der After, sondern auch der Mund exzentrisch gelegen;

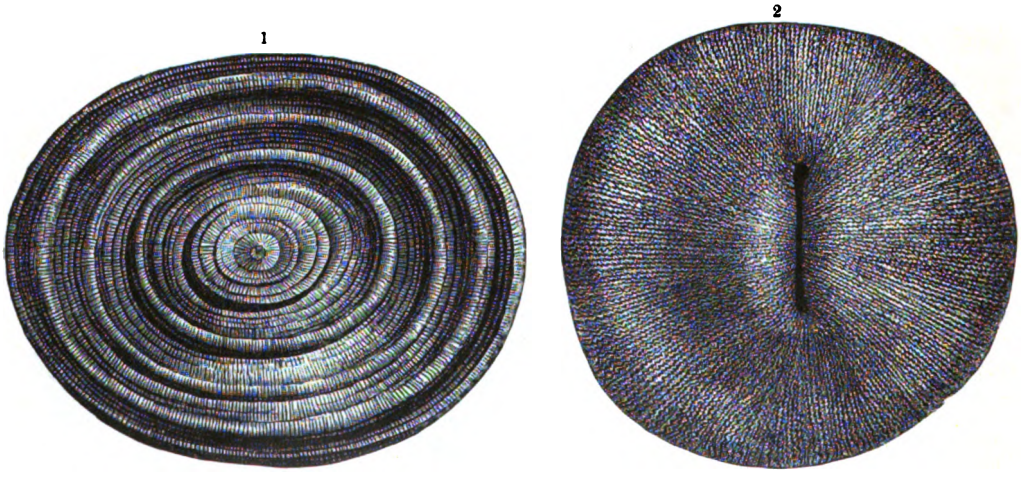
Digitized by Google

die Ambulacren der Ananchytiden sind einfach und verlaufen bandförmig vom Scheitel gegen den Mund, während sie bei den Spatangen um den Scheitel blumenblattförmig angeordnet sind.

Vor allen gehören die Ananchyten zu den festen Leitformen der Kreidezeit. Schon in der unteren Kreide erscheinen sie mit der Gattung Holaster; diese setzt sich in die obere Kreide fort und tritt hier neben einer Reihe anderer, wie Ananchytes, Infulaster. Stenonia, Hemipneustes ꝛc., auf. Besonders ist Ananchytes ovatus (s. Abbildung, S. 277, Fig. 2) eins der bezeichnendsten Fossile der weißen Schreibkreide und der gleichzeitigen Bildungen. Merkwürdigerweise verschwinden diese in der Kreideformation so überaus häufigen Formen so sehr, daß das Vorkommen von Ananchytiden in der Tertiärformation zu den größten Seltenheiten gehört; im jüngeren Tertiär fehlen sie bis jetzt ganz. Auch in der Jetztwelt kannte man lange Zeit hindurch keinen Vertreter dieser Abteilung, bis die neueren Schleppnetzuntersuchungen aus der Tiefsee eine ganze Menge hierher gehöriger Formen zu Tage förderten. Offenbar waren die Ananchytiden von jeher Tiefseetiere, und ihre außerordentliche Seltenheit



Marsupites ornatus, aus der oberen Kreide: 1) Schema des Kelchbaues, 2) Arme, 3) Kelch. (Nach Zittel) Vgl. Text, S. 275.



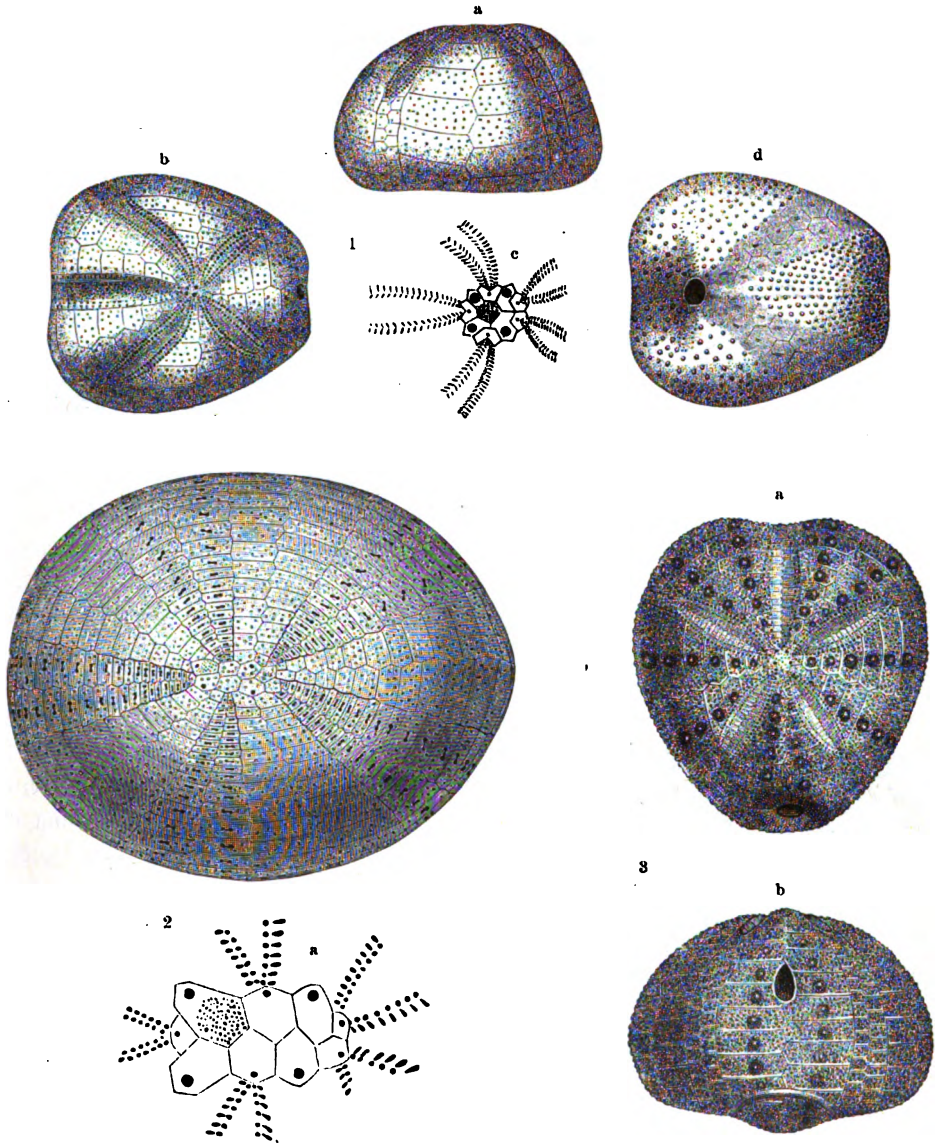
Cyclolithes, aus der oberen Kreide des Salzkammerguts: 1) von unten, 2) von oben. Vgl. Text, S. 275.

im Tertiär erklärt sich einfach dadurch, daß wir aus dieser Formation Ablagerungen aus wirklich großen Meerestiefen nicht kennen.

Ganz anders verhält es sich mit den Spatangen. Zwar kommen sie in der Kreide schon in ziemlicher Menge vor, aber doch bei weitem nicht in dem Maße wie in den späteren Formationen; sie sind neben den Clypeastriden die in tertiärer und jetziger Zeit noch in stetiger Zunahme begriffenen See-Igelfamilien. Immerhin sind auch in der Kreide schon einzelne Clypeastriden

Digitized by Google

und ziemlich zahlreiche Spatangiden bekannt; der für das Neokom charakteristische Toxaster complanatus (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1) hat einer bestimmten Ablagerung dieser Stufe geradezu den Namen Spatangenkalk verschafft, und für verschiedene Horizonte der oberen Kreide sind die einzelnen Arten der Gattung Micraster (s. untenstehende Abbild., Fig. 3) bezeichnend.

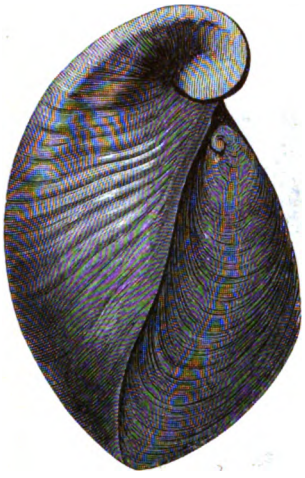


1) Toxaster complanatus, aus dem Neokom: a) von der Seite, b) von oben, c) Scheitelapparat, d) von unten. 2) Ananchytes ovatus, aus der oberen Kreide; a) Scheitelapparat, vergrößert. Vgl. Text, S. 276. 3) Micraster coranguinum, aus der oberen Kreide: a) von oben, b) von hinten. (Nach Desor.)

In außerordentlicher Menge sind die Mooskorallen oder Bryozoen in der Kreide, vor allem in deren oberster Stufe, im Senon, vorhanden; die ganze Formation hat schon über 1000 Arten geliefert. Die zierlichen Zellen dieser Tierchen bilden zarte, ästige, rindenartige oder moosförmige Kolonien mit einer großen Anzahl einzelner Individuen. In allen älteren Formationen dominieren vollständig solche Formen, bei denen die Zellen röhrenförmig sind, mit endständiger

Digitized by Google

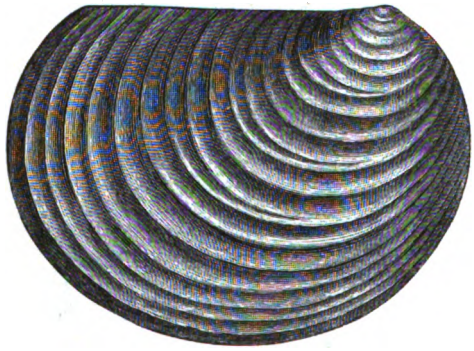
Mündung, deren Durchmesser nicht verengert, sondern dem der ganzen Zelle gleich ist; es sind das die sogenannten Cyklostomen, deren Vertreter heute ziemlich spärlich und fast ganz auf die nordischen Meere beschränkt sind. Nur ganz vereinzelt finden sich daneben in alten Ablagerungen Repräsentanten eines zweiten Bryozoentypus, der Chilostomen, bei denen die Mündung verengert ist und nicht an der Spitze der Zelle liegt, sondern etwas seitwärts davon. Erst in der Kreideformation treten diese in größerer Zahl auf, wenn sie auch noch hinter den Cyklostomen zurückstehen; nur in einzelnen der allerjüngsten Bildungen, z. B. in der noch über der Schreibkreide liegenden Tuffkreide von Maastricht, sind beide Abteilungen in ungefähr gleicher Stärke vorhanden.



Exogyra columba, aus dem Cenoman.

Die Brachiopoden und speziell die Familien der Terebratuliden und Rhynchonelliden sind zwar in vielen Kreideablagerungen noch häufig, namentlich entwickeln jene eine ziemliche Mannigfaltigkeit einzelner Gattungen; im ganzen aber ist doch dem Jura gegenüber ein entschiedener Rückgang zu bemerken.

Muscheln und Schnecken sind in so großer Menge vorhanden, daß es durchaus unmöglich wird, auf einzelne einzugehen; nur einige der hervorstechendsten Züge mögen hier erwähnt werden. Unter den Muscheln ist zunächst die eine Reihe der bezeichnendsten Leitmuscheln liefernde Gattung Inoceramus (s. untenstehende Abbildung) zu nennen. Die Schalen sind in der Regel etwas unregelmäßig oval geformt, bei den meisten Arten mit breiten, flachen, konzentrischen Falten bedeckt, das Schloßband in einer Reihe viereckiger Gruben angebracht. Die Schale besteht aus verhältnismäßig groben, zur Schalenoberfläche senkrecht stehenden Kalkspatprismen, so daß sie an einem Bruche gestreift erscheint. In großer Menge sind auch die Austern vorhanden. Bezeichnend sind namentlich die Formen, bei denen der Wirbel stark unsymmetrisch nach einer Seite eingerollt ist (Untergattung Exogyra; s. obenstehende Abbildung), ferner die Kammmuscheln oder Pecten. Endlich hat die Gattung Trigonia, die wir schon zu den schönsten Muscheln des Jura gerechnet haben, noch eine Menge Vertreter in der Kreide, die jedoch fast ausnahmslos neuen Gruppen angehören.



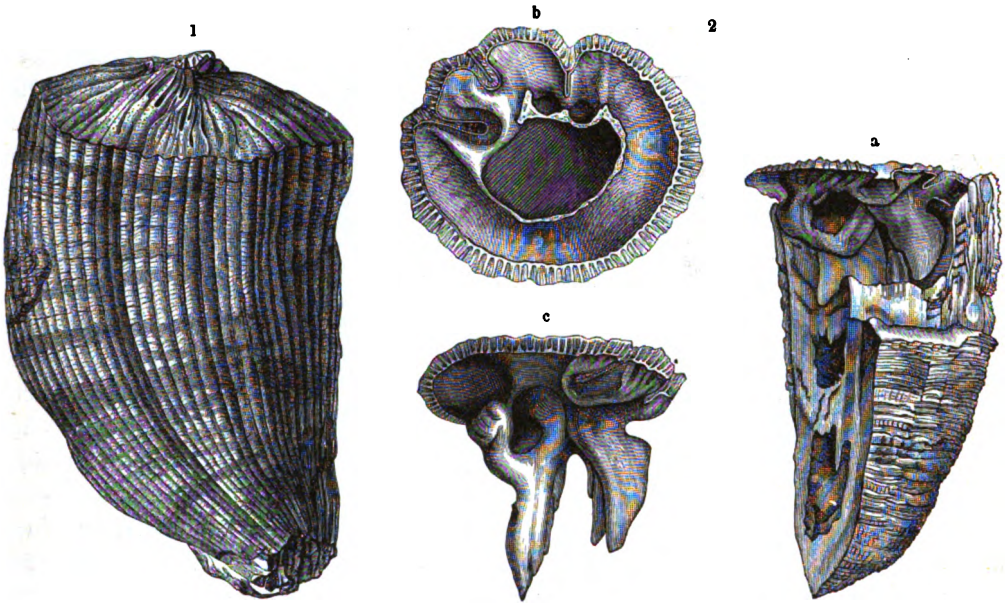
Inoceramus concentricus, aus der oberen Kreide.

Alle diese Formen werden aber an Wichtigkeit und Interesse von der Familie der Rudisten weit überragt. Namentlich in manchen Schichten des äquatorialen Gürtels liegen diese schwerschaligen, großen Muscheln in ungeheurer Menge, oft zu Millionen angehäuft, beisammen. Aus dem Mittelmeergebiet hat man die Rudisten über Kleinasien, Syrien und Persien nach Afghanistan, Indien und Tibet verfolgt; und ebenso treten sie im südlichsten Teil der Vereinigten Staaten, in Mexiko, Westindien und im nördlichen Teil von Südamerika massenhaft auf. Nördlich von diesem äquatorialen Streifen, dessen Bedeutung für die zoogeographischen Verhältnisse der Vorzeit hervorgehoben worden ist, werden die Rudisten seltener, bis sie schließlich ganz oder fast ganz verschwinden. Aus ihrer massigen Schalenbeschaffenheit geht hervor, daß sie in bewegtem oder stark brandendem Wasser und namentlich dort

Digitized by Google

lebten, wo kein mechaniſches Sediment Trübung verurſachte, ſondern ſich mehr oder weniger reine Kalke bildeten. Helle, mächtige, undeutlich geſchichtete Kalke ſind die Hauptfundſtellen der Rudiſten. Hier ſpielen ſie eine ähnliche Rolle wie die Megalodonten zur Triaszeit, nur daß die Rudiſten noch maſſenhafter auftreten.

Die dickſchaligen Rudiſtenmuſcheln erreichen in der oberen Kreide ihre höchſte Entwickelung. Sphaerulites, Radiolites und Hippurites, die extremſten Vertreter der Familie, ſind hier in vollſter Blüte; nur Sphaerulites kommt ſchon in unterer Kreide vor. Hier alle die vielen verſchiedenen Gattungen zu ſchildern, iſt nicht möglich; die Gattung Hippurites (ſ. untenſtehende Abbildung) mag als Beiſpiel dienen. Bei Hippurites ſind die beiden Schalen ſehr ungleich: die eine iſt kegelförmig oder cylindriſch, meiſt ſehr hoch und mit ihrem zugeſpitzten Ende an einem



1) Hippurites cornu vaccinum, aus oberer Kreide des Salzkammerguts; 2) Hippurites radiosus, aus der oberen Kreide Südfrankreichs: a) vollſtändiges Exemplar, aufgeſchnitten, b) große Klappe, von oben geſehen (von innen), c) kleine Klappe mit den koloſſal entwickelten Schloßzähnen. (Nach Bayle.)

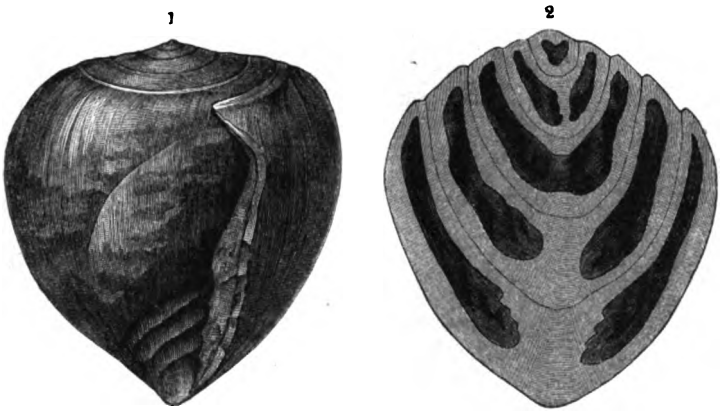
fremden Körper angewachſen, die andere bildet über jener einen niederen, flachen Deckel. In der größeren Klappe iſt nur ein ſehr kleiner Wohnraum dem Tier vorbehalten, obwohl in der Kalkſubſtanz der Schale bedeutende Hohlräume vorhanden ſind, die oft ſehr regelmäßig angeordnete, durch Querwände voneinander getrennte Kammern bilden. An der hinteren Seite der Klappe befinden ſich drei mächtige, tief ins Innere einſpringende Längsfalten; drinnen beherbergen Gruben die Zähne der kleinen Klappe, die Anſätze für die Schließmuskeln ꝛc. Der an ſich ſchon kleine Wohnraum wird noch eingeengt durch die rieſenhaften Schloßzähne der kleinen Klappe, die nicht, wie bei allen anderen Muſcheln, unmittelbar am Rande, ſondern gegen die Mitte hin zapfenartig vorſpringen. In der kleinen Klappe befindet ſich ein veräſteltes Kanalſyſtem, und die feinere Struktur der beiden Schalen iſt ſehr kompliziert.

So ſeltſam geſtaltete Formen haben natürlich die Aufmerkſamkeit der Paläontologen in hohem Grade beſchäftigt; aber über ihre Deutung konnte man ſich lange Zeit nicht einigen, ja man verfiel auf die ſeltſamſten Vermutungen. Erſt ſpät führte der Vergleich der extrem ausgebildeten Gattungen mit gewiſſen Zwiſchengliedern zu der richtigen Überzeugung, daß die

Digitized by Google

Rudisten echte Muscheln sind und sich zunächst an die Gattung Diceras, die Bewohner jurassischer Korallenriffe, anschließen, während in der Jetztwelt die Gattung Chama, durch die bekannte Lazarusklappe der Konchylienliebhaber repräsentiert, den letzten schwachen Ausläufer dieses einst so hoch entwickelten Stammes darstellt.

Das geologische Vorkommen dieser Rudisten bildet ebenfalls eine höchst auffallende Erscheinung. In der unteren Hälfte der unteren Kreide noch durchaus nicht stark vertreten, nehmen sie an Zahl der Individuen, an Mannigfaltigkeit der Typen, an Seltsamkeit der Entwickelung einen geradezu unerhörten Aufschwung, um dann gegen Ende der Kreidezeit fast mit einem Schlage plötzlich zu verschwinden. Die Ursache dieses jähen Verfalls zu erklären, sind wir durchaus nicht im stande. Jedenfalls aber macht sie diese Verteilung für den Geologen überaus wertvoll, und wer sich je in den riesigen hellen Kalkmassen der Mittelmeerländer zu orientieren versucht hat, weiß den unschätzbaren Wert zu würdigen, den diese leicht kenntlichen Formen als Leitfossile haben.



Actaeonella, aus der oberen Kreide (Gosaubildungen) des Salzkammerguts: 1) normales Exemplar, 2) Durchschnitt.

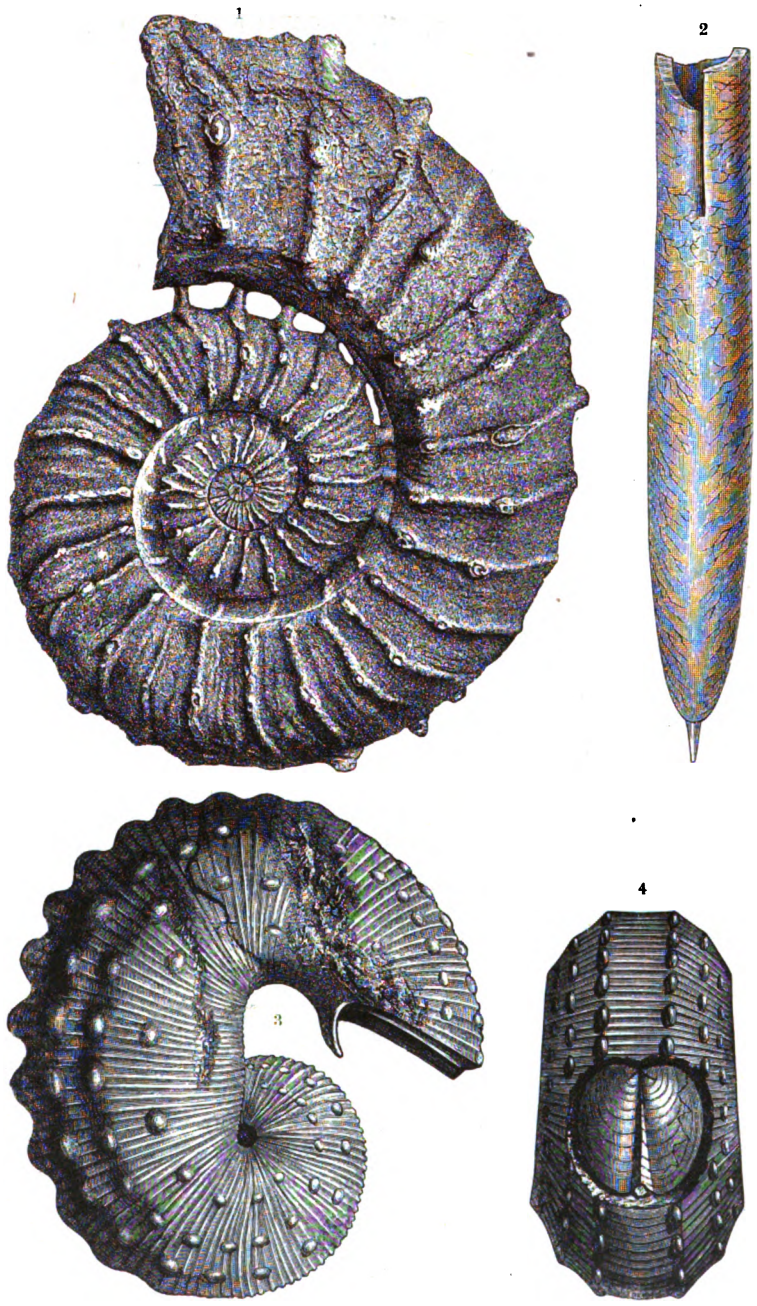
Von den Schnecken der Kreidezeit schließt sich ein großer Teil eng an die jurassischen Formen an, so die Pleurotomarien mit ihrer geschlitzten Mündung, die Nerineen und eine große Anzahl anderer. Neben ihnen macht sich ein neues Element geltend, das, früher nur untergeordnet, im Tertiär und in der Jetztzeit eine immer steigende Bedeutung erreicht. Es sind das die Kanaliferen, Formen, bei denen der untere Teil der Mündung in einen mehr oder weniger entwickelten Kanal für die langen Atemröhren ausgezogen oder wenigstens ausgeschnitten ist. Volutiden, Muriciden, Fusiden, Bucciniden und zahlreiche andere Familien aus dieser Abteilung kommen namentlich in der oberen Kreide vor. Übrigens hat die Kreideformation auch ihre eigentümlichen Typen, so namentlich die bauchigen, mit scharfen Spindelfalten am untersten Teile der Mündung versehenen Actäonellen (s. obenstehende Abbild.), die getreuen Begleiter der Hippuriten. Ferner sind die kegelförmigen Glauconien (Omphalien) ebenfalls vorwiegend der alpinen Ausbildung eigen und durch weite geographische Verbreitung ausgezeichnet.

Die beschalten Cephalopoden entwickeln in der Kreideformation ihre letzte Blüte. Noch einmal überraschen uns die wunderbaren Gehäuse der Ammoniten durch ihre Pracht und seltsame, ja abenteuerliche Gestalten. In allen früheren Ablagerungen ist die spirale Einrollung bei der ungeheuern Mehrzahl regelmäßig; nur ganz selten treten Formen auf, bei denen sich die einzelnen Windungen des Gehäuses nicht mehr berühren. Was bisher Ausnahme war, wird hier häufig: lose Spiralen, deren Umgänge sich nicht berühren, turmförmig gewundene, hakenförmig gekrümmte, gerade gestreckte, durchaus unregelmäßig gebogene Schalen oder Gehäuse, in denen sich diese verschiedenen Ausbildungsarten kombinieren, treten in Menge und verwirrender Mannigfaltigkeit auf. Früher glaubte man, daß die evoluten Ammonitiden, die die regelmäßige Spirale verlassen, eine natürliche Familie bilden. Allein eine schärfere Untersuchung der natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse hat dies widerlegt: nicht etwa ein bestimmter Stamm der Ammonitiden

Digitized by Google

schlägt diese Abänderungsrichtung ein, sondern eine ganze Menge verschiedener Formenreihen aus den verschiedensten Abteilungen der Ammonitiden. Es ist, als ob plötzlich eine Epidemie unter diesen Tieren ausgebrochen wäre.

Die Gattung Lytoceras, deren Vertreter sonst zu den überaus konservativen Typen gehören, bietet in verschiedenen Formenreihen das erste Beispiel von aufgerollten Kreideammonitiden. Am häufigsten treffen wir einfach oder doppelt hakenförmige (Hamites) oder gerade gestreckte Schalen (Baculites), ferner turmförmige Gehäuse (Turrilites). Seltener sind Spiralen, deren einzelne Umgänge sich nicht berühren (Pictetia), oder anfangs ganz normal aufgerollte Formen, die im Alter plötzlich einen Schaft entwickeln (Macroscaphites). Wie groß auch die Mannigfaltigkeit der äußeren Erscheinung dieser Formen sein mag, so drückt doch ihnen allen die Gestalt der Kammerscheidewände mit den symmetrisch geteilten Loben und Sätteln (vgl. S. 220) unverkennbar einen gemeinsamen Charakter auf. Ganz besonders mannigfaltig sind einige der von Hoplites abzweigenden evoluten Formen; besser als eine eingehende Beschreibung werden die Abbildungen von Crioceras Roemeri (s. obenstehende Abb.)



1) Crioceras Roemeri, aus der unteren Kreide (Hilsthon) Norddeutschlands; 2) Belemnitella mucronata, aus der oberen Kreide; 3) Scaphites spiniger mit 4) erhaltenem Aptychus, aus der oberen Kreide Norddeutschlands (nach Schlüter). Vgl. Text, S. 282.

Digitized by Google

und von Ancyloceras Tabarelli (s. Abbildung, S. 292, Fig. 2) eine Vorstellung davon geben. Namentlich übertreffen die älteren Kreidebildungen mit ihren zahlreichen und schönen aufgerollten Ammonitiden alle anderen Schichten. In der Oberkreide sind die reichverzierten, kahnförmigen Scaphiten (s. Abbildung, S. 281, Fig. 3 u. 4) sehr verbreitet, Formen, die auf die Gattung Holcostephanus zurückzuführen sind.

Auch abgesehen von der merkwürdigen Erscheinung der anormalen Spirale, für die wir keine Erklärung geben können, hat die Ammonitidenfauna der Kreide ein eigentümliches Gepräge. Ungefähr auf der Grenze zwischen Jura und Kreide erlischt eine Anzahl bis dahin sehr verbreiteter Gattungen (Stephanoceras, Simoceras, Aspidoceras, Harpoceras, Oppelia) entweder gänzlich, oder es bleiben davon nur unbedeutende Nachzügler zurück. Andere Formen (Holcostephanus) dagegen erhalten sich in gleicher Stärke, während wieder andere neu auftreten oder nach früheren unbedeutenden Anfängen in der Kreide zu starker Entfaltung gelangen, wie Hoplites, Acanthoceras, Haploceras, Schloenbachia u. a. Natürlich vollziehen sich diese Veränderungen ganz allmählich. Besonderes Interesse aber erwecken gewisse Formen, deren Scheidewände auf das Ceratitenstadium zurückgehen, wie es manchen Ammonitiden der Triasformation eigen ist: ein schönes Beispiel von rückschreitender Entwickelung, die schon bei Pulchellia in der Unterkreide beginnt und in der Oberkreide unter den Kreideceratiten weiter um sich greift.

Unter den anderen Cephalopoden sind namentlich die Belemniten von großer Bedeutung. Manche von ihnen stehen jurassischen Typen nahe, andere weichen von jenen entschieden ab, so die plump und unregelmäßig geformten Verwandten des Belemnites dilatatus und die Belemnitellen, die Leitfossile der obersten Kreide (s. Abbildung, S. 281, Fig. 2).

Von Krustaceen treten kleine Muschelkrebse in manchen Ablagerungen massenhaft auf. Außerdem sind ziemlich zahlreich langschwänzige Krebse und Krabben, diese zum erstenmal in größerer Anzahl, vorhanden. Im Gegensatz zu der großen Menge wirbelloser Tiere, die wir aus den Meeren der Kreidezeit kennen, ist das, was wir von den Bewohnern des Landes und süßen Wassers aus dieser Abteilung wissen, überaus dürftig. Die Insektenfunde sind sehr unbedeutend, Spinnentiere und Tausendfüße kennen wir gar nicht, nur die Mollusken haben eine Anzahl von Vertretern geliefert; die ersten etwas reicheren Landschneckenfaunen stammen aus der oberen Kreide. Diese Schicht sowohl als auch die sogenannten Wealdenbildungen an der Grenze gegen den Jura haben zahlreiche Süßwasserkonchylien geliefert, die wir später noch kennen lernen werden.

Wirbeltiere der Kreideformation.

Schon bei Besprechung der Jurafauna konnten wir des ersten Auftretens von Knochenfischen oder Teleostiern gedenken, jener Gruppe, zu der im Tertiär und in der Jetztzeit die große Mehrzahl aller Fische gehört. In der Kreideformation nehmen diese modernen Formen mit einem Schlage überhand und verdrängen die schmelzschuppigen Ganoiden aus ihrer Vormachtstellung im Meere, die diese trotz der stets kräftig entwickelten räuberischen Haifische bis in die Jurazeit hinein hatten behaupten können. In der Jetztzeit sind die spärlichen Überreste des ehemals so blühenden Ganoidenstammes auf süße Wässer beschränkt. Diese Vertreibung aus dem Meere in das Süßwasser, wo der Kampf ums Dasein weniger heftig ist, scheint schon in der Unterkreide begonnen zu haben, wenigstens will man das Vorkommen von Ganoidresten in den brackischen und Süßwasserablagerungen der Unterkreide, im Wealden, in dieser Weise deuten.

So wichtig diese Umgestaltung in ihren großen Hauptzügen auch ist, so bieten doch die einzelnen Formen der Teleostier, die hier vorkommen, verhältnismäßig weniger Interesse: die

Digitized by Google

Mehrzahl der Typen schließt sich an die jetzt lebenden so innig an, daß sie uns keine wichtige Erweiterung unserer Kenntnis bieten. Am stärksten ist die Abteilung der Acanthopterygier vertreten, bei denen die vorderen Strahlen der Flossen solid gebaut, nicht gegliedert sind. Von den weniger mannigfaltigen Malacopterygiern, bei denen alle Flossenstrahlen gegliedert sind, treten Heringe, Scopeliden und einige andere Formen auf.

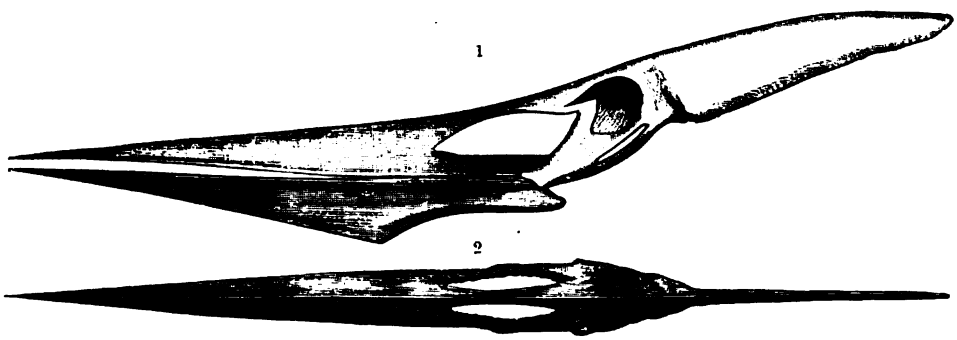
Die Amphibien fehlen der Kreideformation fast ganz; von um so größerer Bedeutung sind dafür die Reptile, deren Formenmenge und wunderbare Bildung mit der ihrer merkwürdigen Verwandten im Jura wetteifern. Ja, alle Hauptabteilungen der Kriechtiere, die wir im Jura kennen gelernt haben, setzen sich in die Kreide fort, und dazu gesellen sich noch zwei neue Gruppen: die Schlangen und die Mosasauriden oder Pythonomorphen. Die Schlangen sind nur schwach vertreten, dagegen finden wir in den Mosasauriden eine ausgestorbene, ganz auf unsere Formation beschränkte Abteilung, die durch die Zahl der verschiedenen Gattungen, die Eigentümlichkeit ihres Baues und die gewaltige Größe ihrer Angehörigen hervorragt. Diese Meeresbewohner von überaus langgestrecktem, schlankem Bau, mit verhältnismäßig sehr kleinem, spitzem Kopf, langem, sehr gestrecktem Rumpf und mit riesigem Schweif erinnerten in ihren Körperverhältnissen fast an Schlangen, und die größten, die an Länge nicht viel unter 30 m zurückgeblieben zu sein scheinen, gemahnten am meisten unter allen Geschöpfen, die je gelebt haben, an die phantastische Gestalt der Seeschlange. Der Leib war mit Schuppen und vielleicht auch mit Panzerplatten bedeckt, die Füße waren verhältnismäßig schwache Ruderflossen (s. nebenstehende Abbildung) und in ihrem Bau denen des Plesiosaurus ähnlich. Diese Übereinstimmung mit den Plesiosauriern beruht jedoch keineswegs auf engerer Verwandtschaft, sondern lediglich auf der Anpassung an das Leben im Wasser; auch die Ähnlichkeit mit den Schlangen, auf die der Name Pythonomorpha anspielt, ist wohl nur äußerlich. Dagegen besteht eine wirkliche und sehr enge Verwandtschaft mit den Eidechsen und zwar besonders mit den Warneidechsen oder Varaniden, namentlich im Bau des Schädels und hier wieder hauptsächlich in der Verbindung zwischen Unterkiefer und Schädel. Der Unterkiefer steht in Gelenkverbindung mit dem Quadratbein, und dieses selbst wie bei Schlangen und Eidechsen mit dem Schädel, während es bei allen anderen Reptilen mit diesem fest verwachsen ist. Das Vorhandensein eines Scheitelloches erinnert ebenfalls an die Eidechsen. An die Maasechsen schließt sich sehr eng eine kleine Gruppe von Eidechsen an, die in den Fischschiefern der Kreideformation der dalmatischen Inseln und des Küstenlandes vorkommt: die Gruppe der Aigialosauriden nach Kramberger-Gorjanović. Die Bedeutung dieser Formen besteht nun darin, daß bei ihnen die Reduktion der Extremitäten noch nicht so weit gediehen ist wie bei den Maasechsen; sie weisen uns daher auf die landbewohnenden Vorfahren der marinen Maasechsen hin, die zugleich die Vorfahren der Warneidechsen gewesen sein müssen.

Clidastes, ein Mosasaurier aus der oberen Kreide von Nordamerika, sehr stark verkleinert. (Nach Cope.)

Die ersten Reste des riesigen Mosasaurus, bedeutende Fragmente eines gewaltigen Schädels, wurden in einem Steinbruch in der obersten Kreide des Petersberges bei Maastricht gefunden. „Ein Dr. Hofmann ließ das Stück mit vieler Mühe und Kosten heben und ausarbeiten. Der Fund machte Aufsehen und erregte den Neid des Steinbruchbesitzers, des Kanonikus Godin, der das Stück reklamierte, und dem es auch vom Gericht zugesprochen

Digitized by Google

wurde. Als im Jahre 1795 die Truppen der französischen Republik das Fort St.-Pierre bombardierten, befahl der General, der um den wissenschaftlichen Schatz im nahen Hause des Kanonikus wußte, dasselbe zu schonen. Dieser, nicht weniger um seinen Schatz besorgt als der General und wenig erbaut von dessen rücksichtsvoller Aufmerksamkeit, ließ es bei Nacht in der Stadt verstecken und hoffte so nach der Übergabe des Platzes sein Stück zu retten. Vergeblich! Der Volksrepräsentant Freycine verstand, hinter das Geheimnis des Geistlichen zu kommen, und ließ öffentlich den zweiten Entdeckern des Sauriers 600 Flaschen Wein zusichern. Das wirkte unwiderstehlich, schon am nächsten Morgen brachten zwölf Grenadiere im Triumphe das Stück, um ihren Lohn zu empfangen. Seither ist dasselbe im Jardin des Plantes zu Paris und Gegenstand der eingehendsten Untersuchungen der Gelehrten." (O. Fraas.) In Europa ist seither kein so schöner Mosasauridenrest mehr gefunden worden, wenn auch an einzelnen Punkten, namentlich in England, noch einiges zu Tage gekommen ist. Um so größer war das Erstaunen, als es



Schädel von Pteranodon, aus der oberen Kreide von Nordamerika: 1) Ansicht von der Seite, 2) von oben. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 287.

sich zeigte, daß diese bei uns so seltenen Tiere in manchen Teilen Nordamerikas in großer Menge vorkommen. In der oberen Kreide der östlichen Vereinigten Staaten, in New Jersey, wurden Knochen von Mosasauriern gefunden; noch mehr davon hat man im Zentrum der Union, in Kansas, entdeckt. Durch die Bemühungen der amerikanischen Paläontologen und namentlich Copes kennt man jetzt nicht weniger als 6 Gattungen mit 51 Arten von Mosasauriden.

Über die anderen Abteilungen der Reptile können wir uns kürzer fassen, da wir bei der Schilderung der Jurafauna schon vielfach darauf Rücksicht genommen haben. Das gilt vor allem von den riesigen Dinosauriern, die in Europa namentlich in den Wealdenbildungen, im Cenoman von England sowie in der oberen Kreide der Neuen Welt bei Wiener-Neustadt auftreten; allein auch in dieser Beziehung haben die westlichen und mittleren Teile der Vereinigten Staaten viel mehr Material geliefert als unsere Gegenden. Wir wollen von diesen Formen nur den merkwürdigen Triceratops erwähnen, einen riesenhaften Dinosaurier aus der Gruppe der Orthopoden, der in Körperform und Haltung den Iguanodonten (vgl. S. 235) geglichen haben dürfte, dabei aber einen absonderlich gestalteten Schädel hatte. Die Stirnbeine waren mit starken Knochenzapfen versehen, die im Leben wahrscheinlich von Hornscheiden, wie bei den Rindern, überzogen waren. Auch die Nasenbeine trugen einen kurzen unpaaren knöchernen Zapfen als Unterlage eines Nasenhornes, und ebenso dürften Ober- und Unterkiefer vorn mit Hornscheiden überkleidet gewesen sein. In der Hinterhauptgegend ist der Schädel von kleinen, kegelförmigen Knochenstücken umgürtet; die Zähne sind, eine seltene Ausnahme bei Reptilen, zweiwurzelig. Die besten Reste hat Nordamerika geliefert, aber auch in Europa hat man diese fremdartigen Formen vereinzelt in den Gosauschichten der Neuen Welt bei Wiener-Neustadt gefunden.

Digitized by Google

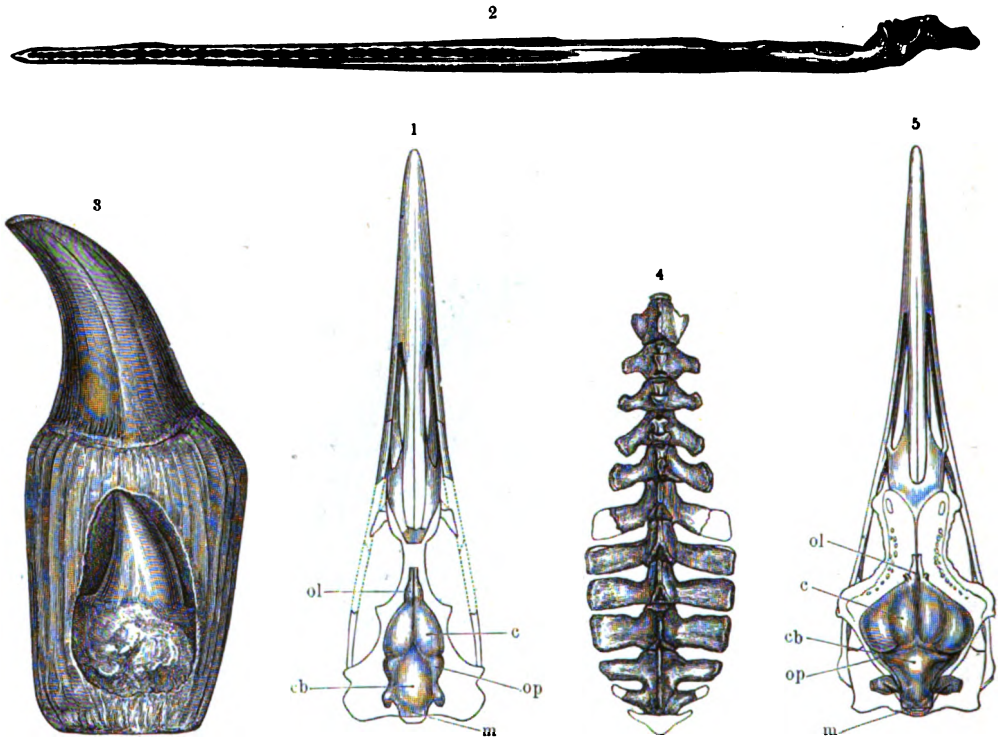
Ichthyosaurier, Plesiosaurier und Pterosaurier haben die Juraformation nicht nur überdauert, sie brachten es in der Kreidezeit sogar teilweise noch zu neuer Blüte. Leider sind ihre Reste nicht immer vollständig erhalten geblieben. Ichthyosaurier kennt man in zahlreichen Formen

Hesperornis regalis, aus der oberen Kreide von Nordamerika, restauriertes Skelett. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 288.

und in weiter Verbreitung aus Neokom und Gault, Spuren sind auch in der Oberkreide nachweisbar. „Was die Ursache ihres Verschwindens gewesen ist, bleibt in Dunkel gehüllt. Außer großen Haifischen hatten sie auf dem Meere keine Konkurrenz zu fürchten, und auch das Emporkommen der Säugetiere konnte für ihre Lebenssphäre kaum schädlich wirken. Von Degeneration

Digitized by Google

kann man bei diesen Tieren nicht sprechen, noch weniger von Hypertrophie, denn ihr Körper blieb derselbe durch lange geologische Zeiträume, und fast das einzige Merkmal, das die cretaceischen Ichthyosauren auszeichnet, ist die durchgängig stärkere Berippung des Kronenschmelzes der Zähne. Von etwaigen klimatischen Änderungen wurden sie als Wasserbewohner nicht empfindlich betroffen. Es bleibt als einzig wahrscheinliche Annahme, daß sie in der Herrschaft über das Meer von den Squaliden abgelöst wurden, die sich zu Ende der Kreidezeit zu wahrhaft gigantischen Formen entwickeln, wie die zuweilen bis 1/2 Fuß langen Zähne der Carcharodonten (Riesenhaie) beweisen." (E. Koken.)



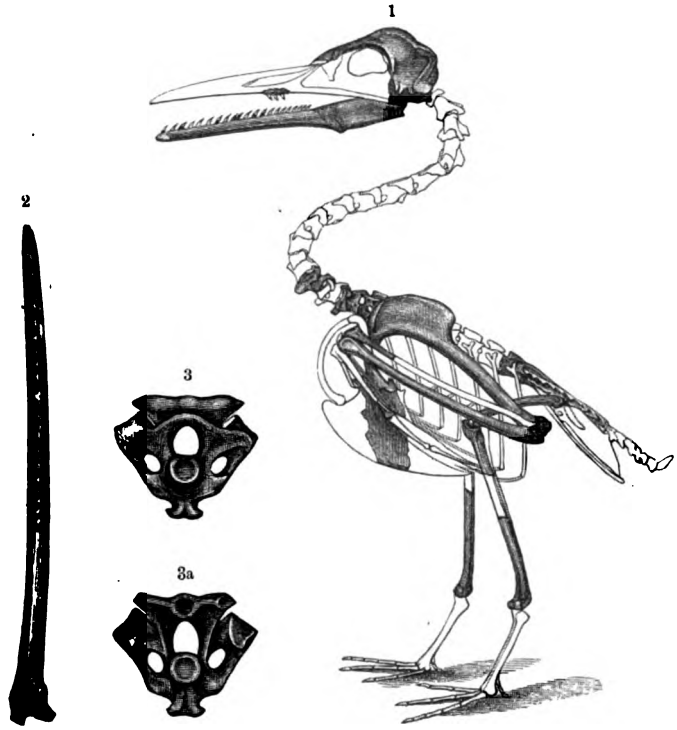
Hesperornis regalis, aus der oberen Kreide von Nordamerika: 1) Schädelumriß mit eingezeichnetem Gehirn: ol) Riechlappen, c) Großhirn, op) Sehlappen, cb) Kleinhirn, m) verlängertes Rückenmark; 2) Unterkiefer von oben (ohne Zähne); 3) Zahn von Hesperornis mit dem Keim eines Ersatzzahnes (stark vergrößert); 4) Endigung der Wirbelsäule; 5) Schädelumriß des lebenden Haubentauchers (Colymbus torquatus) mit eingezeichnetem Gehirn (zum Vergleich mit Fig. 1, Bedeutung der Buchstaben dieselbe). (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 288.

Da die Plesiosaurier ziemlich häufig im Wealden erscheinen, gediehen sie also nicht nur im Meere, sondern auch in brackischem Wasser. Doch darf man dies kaum als Anzeichen einer beginnenden Verdrängung dieser Typen aus dem Meer in das Süßwasser, wie wir dies bei den Ganoiden bemerkt haben, auffassen; denn in der Oberkreide finden sich Plesiosaurier wieder in marinen Ablagerungen, und zwar in so riesigen Formen und so weiter Verbreitung, daß man auf eine neue, dem endgültigen Aussterben unmittelbar vorausgehende Blüteperiode schließen muß. Bei den Krokodilen dagegen ist in der Kreidezeit ein dauernder Rückzug in das Süßwasser erfolgt. Die echt marinen Teleosaurier verschwinden; namentlich im Wealden stellen sich Formen ein, die zu den jetzt lebenden hinüberführen. Die Schildkrötenfauna läßt im allgemeinen eine gleichmäßige Fortentwickelung der im Jura vorhandenen Typen erkennen; besonderen Formenreichtum entwickelt auch hier die obere Kreide von Nordamerika, wo zuerst typische Sumpf- und

Digitized by Google

Flußschildkröten, besonders die bekannte Gattung Trionyx, daneben auch einige andere Gruppen auftreten, die jetzt noch in den wärmeren Gegenden Amerikas heimisch sind.

Von den merkwürdigen Pterodaktylen oder Flugsauriern hat zwar die Kreide noch nirgends so vollständige Reste geliefert, wie sie im oberen Jura von Solnhofen vorkommen: überall hat man nur an verschiedenen Punkten isolierte Knochen gefunden. Dafür erreichen aber die Flugsaurier der Kreide eine dem Jura unbekannte Größe. Schon aus England lernte man einige ganz gewaltige Knochen kennen, in der amerikanischen Kreide aber hat man Teile der Hand gefunden, die auf die ganz enorme Flügelspannweite von 8 m schließen lassen, also fast doppelt so groß wie die des Albatros, der unter allen lebenden Vögeln in dieser Beziehung obenan steht. Am verbreitetsten scheint die Gattung Pteranodon zu sein, die durch den Mangel an Zähnen und durch die seltsame Gestalt des Schädels (s. Abbildung, S. 284) charakterisiert wird. Die Schädelkapsel ist sehr klein, der lange Gesichtsteil trägt einen enormen, geraden, spitzen Schnabel; über und hinter der Schädelkapsel erhebt sich ein Knochenkamm (Sagittalkamm) von riesiger Entwickelung, bestimmt, dem mächtigen Schnabel das Gleichgewicht zu halten und es dadurch dem Tiere zu erleichtern, seinen Kopf horizontal zu halten. Also wohl der sonderbarste Schädel, der im ganzen Bereich der Vertebraten vorkommt. Auch unter den Vögeln sind die Vorkommnisse aus Nordamerika von größter Bedeutung. Abgesehen von unvollkommenen Resten aus der oberen Kreide von New Jersey sind in Kansas und Colorado so gute Überbleibsel von mehreren Gattungen gefunden worden, daß deren Skelett vollständig rekonstruiert werden konnte, während aus Europa nur spärliche und wenig bedeutende Vorkommnisse aus Böhmen, England und Schweden zu nennen sind.



Ichthyornis, aus der oberen Kreide von Nordamerika: 1) ganzes Skelett (restauriert), 2) Unterkiefer ohne Zähne, von oben gesehen, 3, 3a) ein Rückenwirbel von oben und von unten, mit der ausgehöhlten Gelenkfläche. Vgl. Text, S. 288.

Das auffallendste Merkmal dieser amerikanischen Kreidevögel ist ihre Bezahnung. Im übrigen kann man unter ihnen zwei Typen unterscheiden, die in einem ähnlichen Verhältnis zu einander stehen wie die beiden Hauptgruppen der jetzt lebenden Vögel, die Carinaten und Ratiten. Die erste Abteilung umfaßt die große Mehrzahl aller Vögel, bei denen im Federkleid ein Unterschied zwischen den weichen, den Körper unmittelbar umgebenden Daunen oder Flaumen und den straffen, mit zusammenschließender Fahne versehenen Konturfedern hervortritt. Die Flügel sind gut entwickelt, und für den Ansatz der kräftigen Muskulatur, die sie bewegen soll, springt in der

Digitized by Google

Mitte des Bruſtbeins ein Kiel ſtark vor. Im Gegenſatz dazu fehlen den Ratiten, wohin Strauße, Kaſuare und ihre Verwandten gehören, die eigentlichen Konturfedern, ihr lockeres Federkleid entſpricht in ſeiner Entwickelung der Flaumdecke der Carinaten, die Flügel ſind rückgebildet, und da eine kräftige Flugmuskulatur nicht vorhanden iſt, ſo fehlt auch der Kiel auf dem Bruſtbein.

Urſprünglich betrachtete man die Kreidevögel mit gekieltem Bruſtbein als Vorfahren der Carinaten, die mit kielloſem Bruſtbein als Vorfahren der Ratiten. Allein die Ratiten ſind nicht Vögel, die das Flugvermögen noch nicht erlangt, ſondern vielmehr ſolche, die es durch Nichtgebrauch der Flügel, durch Anpaſſung an das Landleben eingebüßt haben. Eine derartige Verkümmerung konnte in verſchiedenen Gruppen eintreten, und daher müſſen die Abſtammungsreihen der Vögel unabhängig von dieſem Anpaſſungsmerkmal aufgeſucht werden. Von dieſem Geſichtspunkte aus ſtellt ſich Hesperornis, die ratite Form (ſ. Abbildung, S. 285), als ein naher Verwandter der jetzt lebenden Seetaucher oder Colymbiden dar, die zu den Carinaten gehören. Die Übereinſtimmung im Schädelbau geht ſehr weit (ſ. Abbildung, S. 286, Fig. 1); allerdings war das Gehirn der Kreideform viel kleiner als das des jetzt lebenden Haubentauchers. Hesperornis, ein großer, faſt 1 m hoher Vogel, hielt ſeinen Körper aufrecht und beſaß kräftige, zum Rudern im Waſſer trefflich geeignete Füße. Das Bruſtbein ſtellt einen breiten, flachen und kielloſen Knochen dar; die Flügel dürften auf einen rudimentären Oberarmknochen beſchränkt geweſen ſein. Die zwölf Schwanzwirbel, teilweiſe durch mächtige Querfortſätze ausgezeichnet, ſtempelten den Schwanz zu einem Ruderorgan, wie es der Biber beſitzt. Die Zähne lagen in einer langen gemeinſamen Furche, der Zahnwechſel ging wie bei Reptilen vor ſich (ſ. Abbild., S. 286, Fig. 3).

Im Gegenſatz zu Hesperornis waren die carinaten Formen, wie Ichthyornis und Apatornis, ziemlich kleine Vögel, ungefähr von der Größe einer Taube, mit mächtigen Flügeln und ſchwachen Beinen (ſ. Abbildung, S. 287). In den meiſten Merkmalen ſchließen ſie ſich an jetzt lebende Vögel, z. B. an die Seeſchwalben (Sterna), an; allein das Gehirn war viel weniger entwickelt und die Kiefer bezahnt, und die Zähne waren in eigenen Zahngruben eingekeilt. Außerdem waren zwar die einzelnen Wirbel im allgemeinen vogelähnlich, dabei aber an den Gelenkflächen vorn und hinten konkav. Da dieſes Merkmal ſonſt nur bei niederen Wirbeltieren und auch bei Archaeopteryx, den wir ſchon als Embryonalform erkannt haben, vorkommt, ſo müſſen wir darin wie in der Bezahnung eine altertümliche, von den niedrig entwickelten Vorfahren übernommene Geſtaltung erblicken.

Trotz dieſer urſprünglichen Anzeichen iſt es nicht wahrſcheinlich, daß dieſe Kreidevögel der unmittelbaren Ahnenreihe der gegenwärtigen Vogelfauna angehören. Die tertiäre Vogelwelt unterſcheidet ſich nämlich ſo wenig von der jetzt lebenden, daß wir eine längere Entwickelungsgeſchichte in cretaciſcher Zeit annehmen müſſen. Die wirklichen, ſchon moderner geſtalteten Vorfahren der rezenten Vögel haben in der Kreidezeit vermutlich neben den altertümlichen Hesperornis und Ichthyornis gelebt; dieſe ſtellen alſo abgeirrte und auf niederer Stufe zurückgebliebene Seitenzweige des Hauptſtammes vor. Wir ſtehen hier wieder vor einer jener weitklaffenden Lücken der paläontologiſchen Überlieferung. Da die Vögel vielfach von Inſekten abhängen, dieſe aber wieder von den Blütenpflanzen, ſo dürften wir, wenn ſich die Dikotyledonen wirklich in Nordamerika entwickelt haben (vgl. S. 273), aus dieſem Lande die Funde zu erwarten haben, die uns über die Stammesgeſchichte der Vögel aufklären werden.

Die Mangelhaftigkeit der paläontologiſchen Überlieferung zu beklagen, geben uns auch die dürftigen Säugetierreſte der Kreidezeit Anlaß. Die Funde beſchränken ſich bis jetzt auf einen Zahn von Plagiaulax aus dem engliſchen Wealden, jener ſchon öfter genannten Süßwaſſerablagerung an der unterſten Grenze der Kreideformation, und auf einige Zähne aus der nordamerikaniſchen Laramiegruppe, einer Süßwaſſerbildung an der oberſten Grenze dieſer Formation.

Digitized by Google

Die meisten dieser Reste gehören den Multituberculaten an, jener primitiven Gruppe, die wir bereits besprochen haben (vgl. S. 188). Wenige andere Formen erinnern sowohl an Insektenfresser als auch an Beuteltiere. Die gewaltige Kluft zwischen der reichen und hochentwickelten Tertiärfauna und den kleinen primitiven Säugern des Trias und des Jura wird durch die bisher bekannten Reste aus der Kreideformation nicht ausgefüllt, und das einzige Positive scheint nur die Erkenntnis zu sein, daß die kleinen Multituberculaten und andere niedere Gruppen zur Kreidezeit noch reichlich vertreten waren.

Verbreitung und Gliederung der unteren Kreide.

Wie wir im vorigen Abschnitt gesehen haben, fand kurz vor Ende der Jurazeit ein allgemeiner Rückzug des Meeres aus der mitteleuropäischen Region statt. Ein Teil des Gebietes wurde festes Land, über einem anderen breiteten sich große Seen mit schwach gesalzenem, brackischem Wasser aus, in denen ein Teil der jurassischen Muscheln, soweit sie sich den neuen Verhältnissen anzupassen vermochten, noch eine Zeitlang erhalten blieb. Da aber die allmählich ausgesüßten Binnenseen teilweise noch mit dem Meere verbunden waren, konnten von dort aus gelegentlich Einbrüche stattfinden, die die neuangesiedelte Süßwasserbevölkerung zeitweilig vertrieben und an deren Stelle einzelne marine Formen setzten. So entstand ein Wechsel von brackischen und Süßwasserablagerungen. Das flache Festland war mit einer üppigen Flora überzogen, deren wir schon oben gedacht haben, und in manchen Gegenden häuften sich die Pflanzenstoffe so mächtig an, daß Kohlenflöze entstehen konnten.

Die Ablagerungen aus diesen Binnenseen begannen während der letzten Phase der Juraformation und setzten sich während des Beginnes der Kreidezeit fort; aber sie dauerten nicht überall gleich lange. Die Binnengebiete wurden allmählich, in der einen Gegend früher, in der anderen später, vom Meere wieder eingenommen, so daß also die Brackwasserbildungen auf der Grenze zwischen Jura und Kreide nicht überall gleich bleibende Abschnitte repräsentieren. In der Regel war es ein zusammenhängender Komplex, und wenn auch die tieferen Teile dem Jura, die höheren der Kreide zugehören, so ist doch im Charakter der Fauna die Veränderung allmählich und unmerklich. In manchen Gegenden, besonders in England und im nordwestlichen Deutschland, tritt an der oberen Grenze dieser Schichten ein Wechsel brackischer und mariner Bänke auf. Da die marinen Schichten Versteinerungen der Unterkreide enthalten, so reichten nicht nur die Binnenablagerungen in die Unterkreide hinein, sondern das Meer nahm auch erst nach mehrmaligen Schwankungen überhand.

Die zum Jura gehörigen Teile der brackischen Grenzschichten zwischen Jura und Kreide bezeichnet man nach einer englischen Lokalität, wo sie ausgezeichnet entwickelt sind, als die Purbeckschichten, während die jüngere, zur Kreideformation gehörige Abteilung nach dem waldigen Hügelgebiete des Weald im südlichen England den Namen Wealden oder Wälderformation erhalten hat. Die stärkste Entwickelung finden diese Ablagerungen in England; im nordwestlichen Deutschland ist vor allem das Deistergebirge südwestlich von Hannover, ferner der Osterwald und eine Reihe anderer Punkte durch das Vorkommen von Wealdenbildungen ausgezeichnet. Auch auf der Insel Wight kommt der Wealden zum Vorschein und setzt von da in einzelnen kleinen Vorkommnissen nach Frankreich und Belgien über. Diese Verbreitung, die Zusammensetzung der Schichten aus Sandstein und Thon, endlich die Flora und Fauna bewogen Lyell, im Wealden von Südengland, Deutschland und den dazwischen liegenden Gebieten die Deltabildung eines Riesenstromes zu erblicken; doch wurde diese Deutung unhaltbar, als ähnliche Ablagerungen

Digitized by Google

an der Jura-Kreidegrenze auch aus der französischen Schweiz und aus Portugal bekannt wurden. Auch außerhalb Europas treten in dieser Periode oder in der Unterkreide Binnenbildungen ein, so die schon erwähnten pflanzenreichen Potomacschichten in Nordamerika, die Bahiaschichten Brasiliens, die Komeschichten in Grönland: Erscheinungen, die nur durch die Annahme eines ausgedehnten Rückzuges des Meeres erklärt werden können. Das sandig-thonige, bis zu 300 m und darüber mächtige Sediment des Wealdens muß freilich von Flüssen herbeigebracht worden sein, die das flache Land durchfurcht haben.

Wir stehen hier vor einer wichtigen Episode in der Geschichte der mesozoischen Meere. Die vorwiegend marinen Ablagerungen der Juraformation verraten nur wenig von der damaligen Land- und Süßwasserbevölkerung; erst im Wealden entrollt sich ein Bild kontinentaler Verhältnisse. Eine üppige Flora von jurassischem Gepräge bot großen Dinosauriern reichliche Nahrung. Neben diesen lebten kleine primitive Säugetiere aus der Gruppe der Multituberculaten, vermutlich in ziemlicher Anzahl, wenn auch nur spärliche Reste erhalten geblieben sind. In den Binnenbecken und Flüssen fanden die aus dem Meere vertriebenen Ganoidfische Zuflucht, obwohl sie auch dort nicht gänzlich dem Daseinskampfe entzogen waren; denn ihnen folgten Krokodile, und auch Plesiosaurier fanden sich zeitweilig ein. Von den niederen Tieren sind namentlich die Mollusken bemerkenswert; zu den Überbleibseln der marinen Jurafauna gesellen sich zahlreiche Süßwasserconchylien. Zum erstenmal im Laufe der geologischen Geschichte tritt uns eine reiche Süßwasserfauna entgegen; um so mehr überrascht uns die typische Übereinstimmung mit entsprechenden Faunen der Gegenwart. Wir finden hier in großer Individuenzahl und reicher Formenmannigfaltigkeit dieselben Gattungen, die auch heute unter ähnlichen Verhältnissen leben: Cyrenen und Unionen (Malermuscheln), eine Anzahl von Sumpfschnecken (Paludinen), Melanien, Planorben von wenig ansehnlicher Gestalt und ähnliches mehr. Und wenn wir diese Formen mit der jetzt lebenden Lokalfauna eines Teiles der Erde vergleichen wollen, so bietet der nördliche oder mittlere Teil der Vereinigten Staaten von Nordamerika die meiste Ähnlichkeit.

In ganz anderer Weise vollzieht sich der Übergang vom Jura zur Kreide im alpin-mediterranen und im borealen Gebiete. Da herrschte von einer Formation zur anderen unbestritten das Meer; in ununterbrochener Folge häuften sich seine Niederschläge, und die darin begrabenen Faunen zeigen keine anderen Veränderungen an, als solche, die als Folge allmählicher Umwandlung der Arten auch inmitten der Formationen eintreten. Allmählich geht da der Jura in die Kreideformation über, und beide Gebiete bleiben völlig unberührt von jenen Verschiebungen der Strandlinie, die wir im nordwestlichen Deutschland und in England kennen gelernt haben. Man müßte denn das Auftauchen einzelner borealer Arten, namentlich aus der Gruppe des Oxynoticeras Gevrilianum, in der Nordzone des Mediterrangebietes mit dem Andrängen der borealen Gewässer in Zusammenhang bringen.

Im Mediterrangebiet oder in der Gegend des zentralen Mittelmeeres liegen über der jüngsten Stufe der Juraformation, dem Obertithon, lichtgraue mergelige Flecken- oder Zementkalke, die nicht selten Bänder oder Knollen von radiolarienreichem Hornstein enthalten. Wir haben diese Art von Gesteinen schon im alpinen Jura erscheinen sehen; der Fleckenmergel des Lias und der Aptychenkalk des Oberjura sind der Facies nach von diesen Neokomgesteinen nicht wesentlich verschieden. Anders in den schlesischen Karpathen der Teschener Gegend: hier treten in der Unterkreide schwarze Schiefer mit Thoneisensteinflözen, schieferige und massige Sandsteine und graue sandige Kalksteine auf. Die Schichtflächen dieser Gesteine weisen häufig auf eine küstennahe Entstehung in schwer deutbaren Spuren hin, die wir unter dem charakteristischen Namen Hieroglyphen (vgl. Band I, S. 595) namentlich bei dem geologisch jüngeren Flysch, aber auch bei vielen anderen Bildungen, vom Kambrium angefangen, kennen gelernt haben.

Digitized by Google

In diesen schwarzen Schiefern wie auch im Fleckenmergel herrschen von Versteinerungen Cephalopoden vor. Die Aufeinanderfolge der Faunen ist namentlich in den schlesischen Karpathen und in Südfrankreich genau festgestellt. Im Neokom, der Tiefstufe der Unterkreide, die ihren Namen von der lateinischen Bezeichnung von Neufchâtel, Neocomum, erhalten hat, konnte man vier große Ammonitenfaunen und innerhalb der einzelnen eine Anzahl untergeordneter Zonen unterscheiden, und zwar von oben nach unten:

Oberes Neokom: 4) Fauna des Macroscaphites Yvani (Barrêmestufe, Wernsdorfer Schichten).
Mittleres Neokom: 3) Fauna des Crioceras Duvali und des Belemnites dilatatus (Hauterivestufe, Grodischter Sandstein).
Unteres Neokom: 2) Fauna des Hoplites Roubaudi (Valenginien, oberer Teschener Schiefer).
1) Fauna des Hoplites Boissieri und Malbosi (Berriasstufe).

Die Fauna von Berrias bildet in vollem Maße den Übergang zum Jura: der augenfälligste Zug der Ammonitenbevölkerung in der Kreideformation, das massenhafte Auftreten nicht in normaler geschlossener Spirale aufgerollter Ammoniten fehlt hier noch, eine Anzahl von Arten reicht unverändert aus dem oberen Jura hierher; aber noch größer ist die Menge von Formen, die diese Ablagerungen an die höheren Neokomhorizonte knüpfen. Auch in den Mergeln mit Hoplites Roubaudi spielen die normalen Ammoniten mit geschlossener Spirale die Hauptrolle, und es gesellen sich zu ihnen nur wenig evolute Formen. In den nächsthöheren Schichten des Crioceras Duvali erscheinen diese schon in etwas reichlicherer Menge, daneben aber blühen die alten Formenreihen der Ammoniten in ungeschwächter Kraft (s. Abbildung, S. 292, Fig. 1 und 3). Erst mit der Fauna des Macroscaphites Yvani tritt ein beträchtlicher Umschwung ein.

Wohl ist der Zusammenhang nicht abgebrochen, eine Anzahl von Arten geht aus den Schichten mit Belemnites dilatatus in die jüngeren Ablagerungen der Barrêmestufe über; aber neben den bekannten Typen überrascht uns hier eine ganze Menge neuer und fremdartiger Formen. Zum erstenmal sehen wir hier in großer Zahl evolute Formen, die sich an Lytoceras mit seinen paarig geteilten Loben anschließen und den Gattungen Macroscaphites, Hamulina, Ptychoceras und Pictetia angehören, und manche andere Typen, wie Silesites, Pulchellia, Costidiscus ꝛc., geben dieser Tiergesellschaft ein fremdartiges Gepräge, gerade als ob eine Einwanderung neuer Elemente aus einem anderen Bildungsraume stattgefunden hätte. Diesen aber haben wir aller Wahrscheinlichkeit nach im westlichen Teil des äquatorialen Ozeans der Kreidezeit zu suchen. In Kolumbien enthält die Unterkreide eine Fauna, deren Verwandtschaft mit der von Wernsdorf und Barrême schon lange aufgefallen ist. Gerade die in den Alpen und Karpathen unvermittelt auftretenden Formen sind im nördlichen Südamerika besonders stark entwickelt, so daß wir wohl an eine Einwanderung von dorther denken dürfen.

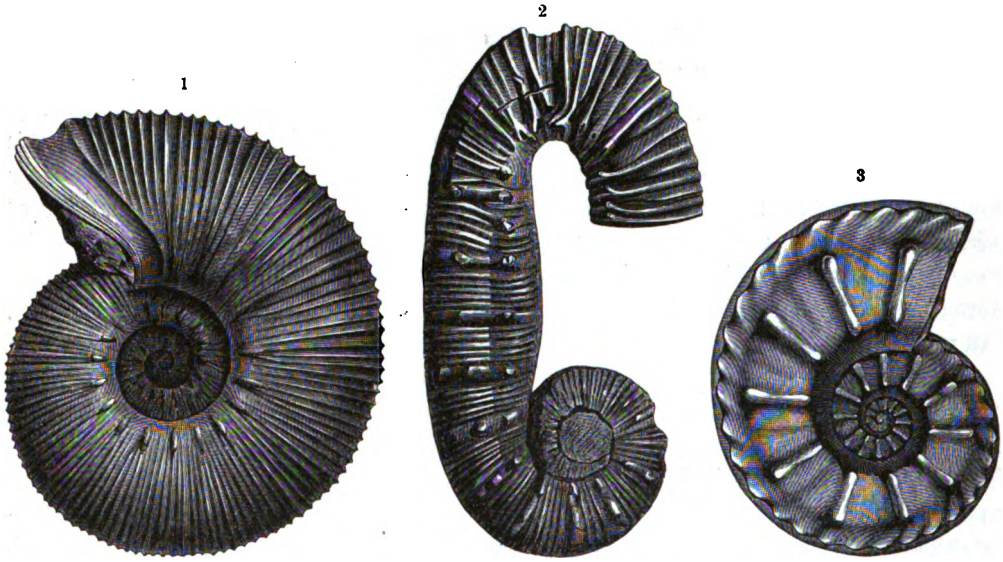
In manchen Gegenden der Westalpen und im Juragebirge weicht die Stufe von Barrême von der bisher besprochenen wesentlich ab. An Stelle der Cephalopodenmergel treten grobbankige, selbst massige oder riffartige helle Kalke mit dickschaligen Chamaceen- und Rudistenmuscheln, Vorläufer der obercretacischen Rudistenkalke. Oft sind diese Kalke korallenreich, noch häufiger sind sie mit Muscheln überfüllt, namentlich mit Caprotinen, nach denen dieses Gestein den Namen Caprotinenkalk erhalten hat. Da die Plätze, wo die Korallen und Caprotinen und mit ihnen eine Schar anderer schwerschaliger Mollusken und See-Igel auf weitgedehnten Riffen oder Rasen gediehen, von den Cephalopoden, den freischwimmenden Bewohnern der Hochsee, gemieden werden mußten, so findet man nur ausnahmsweise eine Cephalopodenschale in den Caprotinenkalken.

Im oberen Teil der Caprotinenkalke beginnen sich die Ablagerungsverhältnisse zu ändern mit dem Auftreten von dunkeln Schiefern. Nach oben hin nehmen diese dunkeln Zwischenlagen völlig überhand, und nun stellt sich auch wieder eine Cephalopodenfauna mit großen aufgerollten

Digitized by Google

Ancyloceren, mit Acanthoceras Milleti, A. Martini, Hoplites Deshayesi, ein. Es ist dies die nach der Stadt Apt in Südfrankreich benannte Aptstufe oder das Aptien. Den Abschluß der Unterkreide bildet die Gaultstufe, die wir noch weiter unten erwähnen werden.

In doppelter Beziehung erscheinen die Caprotinenkalke als echte Söhne der Mediterranprovinz. Ihre mächtigen, klotzigen Massen treten im Landschaftsbilde durch stolze Gipfelbildung und wilde Zerrissenheit der Gehänge hervor, sie neigen stark zur Bildung jener wilden, von zahllosen parallelen Rinnen durchfurchten Steinwüsten, der Karren- oder Schrattenfelder (vgl. Band I, S. 500), nach denen diese Schichtgruppe auch mit dem Namen Schrattenkalk belegt wird. Ferner überschreiten sie als durch und durch südliche Facies an keiner Stelle den Nordrand der Mediterranprovinz. In manchen Gegenden greift die Caprotinen- und Korallenfacies wohl auch in



Neokom-Ammoniten: 1) Holcostephanus Astierianus; 2) Ancyloceras Tabarellii; 3) Hoplites radiatus. (Fig. 1 und 3 nach d'Orbigny.) Vgl. Text, S. 282 und 291.

das tiefere Neokom, ja sie geht allmählich in die Korallen- und Ellipsactinienkalke des Oberjura über, namentlich im Banat und in den Apenninen.

Ungestörte Entwickelung der einheimischen Fauna und petrographische Einförmigkeit der Absätze ist auch in den borealen Gebieten das Wahrzeichen der Unterkreide. Auch da folgt eine Cephalopodenfauna nach der anderen, und jede höhere ist durch fortschreitende Entwickelung aus der tieferen hervorgegangen. Aber die Formengruppen dieser Faunen sind so verschieden von den alpin-mediterranen, daß man ursprünglich eine genauere Gleichstellung der einzelnen Stufen für unmöglich gehalten hat. Die Phylloceren, Lytoceren, Haploceren, Pulchellien, die Flut von aufgerollten Crioceren und Ancyloceren, die platt gedrückten, für die südliche Entwickelung so bezeichnenden Belemniten fehlen hier gänzlich. An ihre Stelle treten gewisse Holcostephanen, ferner die Virgaten, die Belemnitengruppe der Excentrici, die Muschelgattung Aucella, Gruppen und Gattungen, die wir schon als Charakterformen des borealen Jura kennen gelernt haben. In großartiger Weise ist die boreale Unterkreide samt dem Oberjura an der Steilküste von Yorkshire aufgeschlossen, wo einförmige Thonlager, Speeton clay genannt, die einzelnen Faunen einschließen. An der Grenze zwischen Jura und Kreide steht die Zone mit Holcostephanus fragilis und H. subditus; die folgende Zone mit Holcostephanus gravesiformis und H. Keyserlingi entspricht den Berriasschichten, und nun treten bis zum Aptien drei weitere Cephalopodenfaunen auf, die man

Digitized by Google

ganz gut jenen drei Faunen ungefähr gleichstellen kann, die sich im alpinen Bezirk zwischen der Berrias- und der Aptstufe vorfinden.

Im europäischen Rußland umfaßt die obere Wolgastufe (auch Aucellen-, Virgaten- und Inoceramenschichten genannt) die eben erwähnten Cephalopodenzonen. Hier ist namentlich das mittlere und obere Neokom mit den Zonen des Holcostephanus versicolor und des H. Decheni reich entwickelt. Von dem Gouvernement Simbirsk, der Gegend von Moskau und der Petschora aus erstrecken sich diese Schichten über die borealen Randgebiete Sibiriens, den Amur und die Boreja hinweg bis zu den Aleuten und der Königin-Charlotte-Insel und in das westliche Amerika hinein. Auf die Einzelheiten der Gliederung gehen wir hier nicht ein. Dagegen müssen wir die Verhältnisse in Mitteleuropa in jenem Zeitraum nochmals ins Auge fassen, wo das vordringende Meer die kontinentale Tier- und Pflanzenwelt des Wealden unter seinen Absätzen begrub. Nur allmählich konnte das Meer von dieser Gegend Besitz ergreifen; im nordwestlichen Deutschland findet man nahe bei einander den kontinentalen Wealden und die ältesten Bildungen des marinen, Hils genannten Neokoms, das Hilskonglomerat mit Holcostephanus Keyserlingi. Während sich also in einzelnen Partien noch kontinentale Verhältnisse erhielten, hatte gleichzeitig schon das Meer Boden gewonnen, und in der nächsten Phase, der des Hilsthons mit Oxynoticeras Gevrilianum, war die marine Überflutung vollzogen. Die obersten Wealdenschichten wechseln mit Lagen von Hilsthon und seinem Oxynoticeras Gevrilianum ab; weiter nach oben herrschen ausschließlich normale Meeresabsätze.

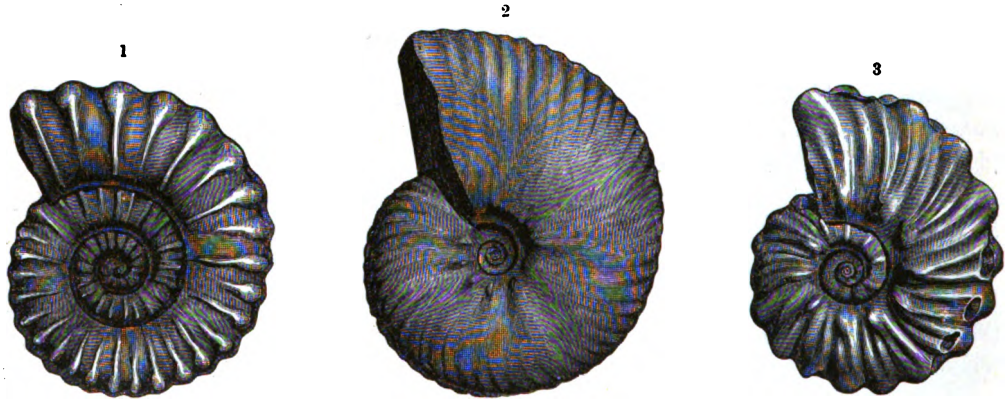
Woher dieses Meer gekommen, darüber geben die Fossilreste unzweideutige Auskunft. Der Hilsthon enthält in seinen verschiedenen Stufen bis in das Aptien hinein eine Anzahl zweifellos *südlicher* Typen. Dahin gehören die großen Crioceren und Ancyloceren, viele Hopliten und ganz besonders vereinzelte, plattgedrückte Belemniten, die man erst in neuester Zeit in Norddeutschland entdeckt hat. Freilich sind gerade die Formen, die durch viele Perioden hindurch als spezifisch südlich zu erkennen sind, die Phylloceren und Lytoceren, nicht nach Norddeutschland vorgedrungen: vermutlich waren sie zu sehr den südlichen Verhältnissen angepaßt, als daß sie in dem neuen Wohnraum hätten gedeihen können. Aber die oben genannten lassen erkennen, daß ein Andrängen des südlichen Meeres, die Eröffnung oder Erweiterung der Meeresverbindung mit dem Mediterrangebiet stattgefunden hat. Übrigens wanderten die südlichen Formen in geringerem Maße bis nach England. Neben diesem Element tritt aber auch das *nordische* in der Hilsfauna stark hervor: die Oxynoticeren aus der Gruppe des Oxynoticeras Gevrilianum, zahlreiche Holcostephanen, dann die exzentrischen Belemniten. So zahlreich und unverkennbar sind diese borealen Typen, daß nur eine ausgedehnte Überflutung von Norden oder Nordosten her diesen Zuzug gebracht haben konnte. Also hat ein Anschwellen des Meeres von Norden und von Süden her „heterotopische" Formen gemischt, die sonst getrennte Meeresräume bewohnt hatten.

Gerade diese Mengung der Faunen kommt dem Geologen zu Hilfe, der die Faunen des Nordens mit denen des Südens dem Alter nach gleichstellen will. Oxynoticeras Gevrilianum und seine Verwandten drangen nicht nur bis in das nordwestliche Deutschland vor, sondern verbreiteten sich auch am Nordrande des Mediterrangebietes. Da diese auffallenden Formen ebenso im oberen Teschener Schiefer Schlesiens wie im Valenginien des Juragebirges erscheinen, erkennen wir die Gleichalterigkeit des Valenginiens mit dem unteren Hilsthon und müssen dann das Hilskonglomerat mit Holcostephanus Keyserlingi der nächst tieferen Berriasstufe gleichstellen. Da aber die Fauna mit Holcostephanus Keyserlingi, wie Pavlow gezeigt hat, auch in Simbirsk entwickelt ist, so dürfen wir alpine und boreale Faunen, die sonst nicht die geringste Beziehung aufweisen, als gleichzeitig ansprechen. Aus dieser Gleichstellung ergibt sich aber auch, daß die kontinentale Periode im nordwestlichen Deutschland aus dem Oberjura wenig in die

Digitized by Google

Kreideformation eingreift. Nur während der ältesten Stufe der Unterkreide, der Berriasstufe, erhielt sich hier kontinentales Leben, in der folgenden Periode des Valenginiens schlugen schon die Wogen des Weltmeeres darüber zusammen. Immer mehr scheint der Meeresspiegel gestiegen zu sein; denn nach oben wächst der Austausch der Formen, bis endlich zur Zeit des obersten Neokoms das Wealdenfestland auch in Südengland, wo es sich länger als in Deutschland erhalten hatte, vom Meer überwältigt wird.

In der folgenden Periode des Aptiens mehren sich die faunistischen Beziehungen der verschiedenen tiergeographischen Provinzen. Dieselben Ammoniten kennzeichnen das Aptien in den Alpen, in Deutschland, England und Rußland; ja bis nach Indien und Australien sind manche Leitformen dieser Stufe nachgewiesen. Diese faunistische Ausgleichung im Zusammenhang mit dem Anschwellen des Meeres geht auch noch während der letzten Phase der Unterkreide, im Gault, fort. Die Ammoniten dieser Stufe, die nach einer englischen Lokalbezeichnung für eine hierher gehörige Thonablagerung benannt ist, schließen sich eng an Formen des Aptiens an.



Gault-Ammoniten: 1) Schloenbachia varicosa; 2) Hoplites splendens; 3) Hoplites auritus.

Häufig sind reichverzierte Arten aus den Gattungen Schloenbachia und Hoplites (s. obenstehende Abbildungen) und die hakenförmigen Hamiten. Ferner treten im Gault Formen auf, die zur Fauna der Oberkreide hinüberleiten. Wie der Gault in dieser Beziehung einen Übergang zur Oberkreide anbahnt, so auch hinsichtlich der geologischen Verbreitung: die große Transgression der Oberkreide wird in vielen Gegenden durch ein lokales Übergreifen des Gaultmeeres eingeleitet.

Wegen mangelhafter Kenntnis der Ablagerungen lassen sich die Vorgänge der Neokomzeit in außereuropäischen Gegenden nur in gewissen Hauptzügen verfolgen. Auf das deutlichste treten vor allem die Spuren des äquatorialen Mittelmeeres (des Tethysozeans) hervor; wir haben bereits in der Neokomfauna Kolumbiens ein wichtiges Bindeglied zwischen dem äquatorialen Westen und dem Osten kennen gelernt. Wie in der europäischen Mediterranprovinz, besteht das Neokom auch in den Golfstaaten, namentlich in Texas und in Mexiko, aus korallenreichen Rudistenkalken (Comanche series): fast die ganzen mexikanischen Sierren von Ozean zu Ozean sind daraus zusammengesetzt. Mexiko hat ferner eine ähnliche Hoplitenfauna geliefert, wie sie Mittel- und Südeuropa im untersten Neokom beherbergt. Hopliten und Crioceren sind aber auch noch viel weiter südlich, in den Anden, sehr verbreitet. Offenbar benutzten sie die Westküste des südamerikanischen Kontinents zu ihrer Wanderung, auf der sie bis nach Patagonien vordrangen. Die geographische Verbreitung dieser Formen ist außerordentlich groß. Wir finden Hopliten und Crioceren auf Neuseeland, in Australien, in Kalifornien. Bei dem Anschwellen des Neokommeeres in Europa sehen wir Hopliten und Crioceren aus dem Mediterrangebiet nach Norddeutschland

Digitized by Google

und England ausschwärmen, während andere Formen, wie die Phylloceren und Lytoceren, in ihrer Heimat zurückblieben. Ihrer Herkunft nach sind die Hopliten und Crioceren wohl mediterrane Typen, waren aber nicht ausschließlich auf die klimatischen Bedingungen dieser Provinz angewiesen, sondern elastische, anpassungsfähige Formen, die rasch weite Gebiete erobern und damit ihren Charakter als Bewohner eines südlichen Klimas einbüßen.

Die Wanderung der Rudisten, Korallen und anderer mediterraner Formen erfolgte offenbar an den Küsten des nearktischen und des äthiopisch-brasilischen Kontinents, deren Existenz durch neokome Binnenablagerungen im Norden und im Süden verbürgt wird. In der Provinz Bahia sind weit ausgedehnte Binnenablagerungen nach Art des Wealden mit Süßwassermollusken, mit Krokodilen und Dinosauriern bekannt, und ähnliche werden aus Argentinien beschrieben. In dieselbe Kategorie gehören in Nordamerika die Atlantosaurus-Beds, berühmt als Lagerstätte der riesigen Landdinosaurier, ferner die Potomacschichten mit ihrer Landflora; auch werden gewisse Schichten in Arkansas im südlichen Teile der Vereinigten Staaten von amerikanischen Forschern als Wealden gedeutet. Wir haben also genügend Anhaltspunkte für den Bestand der nearktischen und des brasilisch-äthiopischen Festlandes im Neokom. Aber in dieser Zeit begannen auch schon die ersten Übergriffe des Meeres auf die uralten Festlandsmassen, wie die Einschaltungen von Bänken mit Meeresversteinerungen in die Binnenbildungen mit Landpflanzen der Potomacformation beweisen. Erfolgreich waren sie aber erst zur Zeit des obersten Gault und namentlich der Oberkreide (vgl. unten, S. 296).

Wenn wir uns von Europa gegen Osten wenden, so finden wir im Kaukasus das mediterrane Neokom in voller Entfaltung; darüber hinaus sind dagegen die Anhaltspunkte dürftig. Die schon bei Besprechung der Juraformation genannten Spitischiefer des Himalaya enthalten eine reiche tiefneokome Hoplitenfauna; sonst aber treten echt mediterrane Neokomtypen wenig hervor. Ihr Vorhandensein in Mosambik und besonders auf Madagaskar beweist, daß sich noch zur Neokomzeit das „Äthiopische Mittelmeer" aus der Indusgegend gegen Madagaskar hin ausbreitete (s. die Karte auf S. 263). Weit bedeutungsvoller sind die Schlüsse, die wir aus der Verbreitung der borealen Neokomfauna (vgl. oben, S. 293) ableiten können. Hier handelt es sich um das Ausschwärmen borealer Typen in südliche Gebiete. Leider ist es nicht immer möglich, zu entscheiden, ob eine solche Kolonie, die das nordische Gebiet verlassen und sich weit entfernt davon angesiedelt hat, der Neokomzeit oder dem Oberjura angehört, da die Bestimmung namentlich der Aucellen häufig nicht genau genug durchgeführt ist. Da aber die Wanderungen zur Neokomzeit nur eine Wiederholung derselben Vorgänge des Oberjura darstellen, so wiegen die Fehler, die z. B. aus der Verwechselung oberjurassischer und cretacischer Aucellen entstehen können, nicht besonders schwer. Boreale Aucellen und Belemniten dringen in das Himalayagebiet, sie verbreiten sich die pazifische Küste Amerikas entlang über die Aleuten, Alaska und Kalifornien, dessen Neokomfauna echt boreal ist, bis nach Mexiko, ja bis nach Brasilien. Aucellen sind ferner aus Neuseeland bekannt, wo auch jene weit, ja universell verbreiteten Hopliten der Grenzfauna von Oberjura und Unterkreide vorkommen, und auf Timor und Rotti im Sundaarchipel erscheinen nördliche, hier wohl dem Oberjura angehörige Belemniten. Diese Art der Verbreitung borealer Typen erinnert lebhaft an das Auftreten der triadischen Muschelgattung Pseudomonotis (vgl. S. 204). Jedenfalls üben nicht nur klimatische Verschiedenheiten, sondern auch der Verlauf der Küstenlinien, die jeweilige Verteilung der Festländer und Ozeane, auf die Verbreitung der Tierwelt bestimmenden Einfluß aus.

Die weiteste Wanderung aber scheinen jene Belemniten von borealem Gepräge unternommen zu haben, die in der Unterkreide des Kaplands, in den Uitenhageschichten vorkommen. Die nächstliegende Station mit nordischen Belemniten wäre Timor und Rotti; im Jura und jedenfalls

Digitized by Google

auch in der Zeit der Unterkreide bestand hier eine offene Verbindung zum Pazifischen Ozean: so mag die nordische Belemnitengruppe der Absoluti auf diesem Wege in das südafrikanische Gebiet gelangt sein. Ein anderer Teil der Uitenhagefauna hat sich aus Indien rekrutiert: namentlich sind einige Muscheln mit solchen des obersten Jura Indiens nahe verwandt oder identisch; und endlich bestehen noch faunistische Beziehungen zu Südamerika. Eine gewisse Gruppe von Trigonien ist, wie Steinmann gezeigt hat, bis jetzt auf Südafrika und Südamerika beschränkt; offenbar haben diese durch ihre reiche Verzierung ausgezeichneten Muscheln auf der Südseite des großen brasilisch-äthiopischen Kontinents ihren Weg aus dem einen in das andere Gebiet genommen. Nach ihrem Gesamthabitus gehört die Uitenhagefauna einer großen südlichen Provinz an, der auch die australische und ein Teil der südamerikanischen Unterkreide anzuschließen wären. Weitere Aufklärungen hierin dürfen wir namentlich von der Erforschung Australiens erhoffen.

Verbreitung und Gliederung der oberen Kreide.

Das Ausgreifen des Gaultmeeres, wie wir es im vorigen Abschnitt kennen gelernt haben, ist gleichsam nur ein Vorspiel jener viel großartigeren Meerestransgression, die sich in der Zeit der Oberkreide vollzogen hat. Da wurden auch jene uralten Kontinentalmassen, wie der brasilisch-äthiopische, der nearktische Kontinent, die böhmische Masse 2c., die mehrere geologische Perioden hindurch ihren festländischen Charakter bewahrt hatten, vom Meer ereilt, so daß dieses in früher fast ungekannter Ausdehnung das Festland überzog. Die Bewegung griff, nachdem sie im Gault begonnen hatte, im Cenoman mächtig um sich und eroberte auch in den jüngeren Perioden der Oberkreide, im Turon und Senon, viel Festland. An der Grenze zwischen Unter- und Oberkreide wurden zum erstenmal die mesozoischen Sedimente der Alpen und Karpathen, die der Unterkreide inbegriffen, gefaltet und zu Gebirgsketten aufgestaut; auch dorthin drang das Meer der Oberkreide wieder vor, und so teilte selbst dieses Neuland das Schicksal der alten Kontinente. Und in Mexiko, in Kalifornien wiederholt sich diese Erscheinung.

Gehen wir bei der Betrachtung der Oberkreide wieder von Europa aus, so fällt zuerst der durch so viele Perioden festgehaltene Gegensatz zwischen der südlichen Entwickelung im Mediterrangebiet und der nördlichen in Mittel- und Nordeuropa ins Auge. Dort treten mächtige Kalkmassen mit zahllosen Rudisten, mit dickschaligen Schnecken aus den Gattungen Nerinea, Actaeonella und Glauconia auf, und dazu häufig Rifforallen. Unter den Cephalopoden wird die Gattung Lytoceras aus dem Bestande der Unterkreide übernommen; daneben erstehen in den schon erwähnten Kreideceratiten moderne und für die Mediterranprovinz nicht weniger bezeichnende Formen. Rudistenkalke herrschen namentlich in Portugal, Spanien, Italien und vor allem im westlichen Teil der Balkanhalbinsel vor. Von Krain her erstreckt sich diese großartigste Entfaltung der Rudistenfacies durch das österreichische Küstenland, Dalmatien, das westliche Bosnien, Montenegro, die Herzegowina und Albanien nach Griechenland hinüber und bedingt die charakteristischen Karsterscheinungen (vgl. Bd. I, S. 500 ff.). In den Nordalpen sind Rudistenkalke zwar auch entwickelt, häufiger aber finden sich Konglomerate, Sandsteine und versteinerungsreiche Mergel mit Actäonellen, Glauconien, Cephalopoden und Korallen: die Gosauschichten, wie sie nach der Gosau bei Hallstatt im Salzkammergut genannt werden.

Rudisten dringen wohl auch nach Mittel- und Nordeuropa vor, aber sie sind hier klein, unscheinbar, wie verkümmert und gehören zu den Seltenheiten. Dasselbe gilt von den Korallen; Actäonellen und Nerineen sind Fremdlinge in diesem Gebiete, dem unter anderen besonders die Belemnitengattung Belemnitella eigen ist. Natürlich ist hier auch die Gesteinsentwickelung

Digitized by Google

wesentlich verschieden. In Sachsen und Böhmen, Gebieten, die seit der Devonzeit großenteils trocken lagen, mußte die Brandung des vordringenden Meeres auf kristallinische Schiefergesteine einwirken, diese wurden zertrümmert, und aus dem zerriebenen Material wurden Konglomerate und mächtige Sandsteinmassen angehäuft. Von senkrechten Klüften durchzogen, neigen diese Sandsteine zu quaderförmiger Absonderung und werden daher Quadersandsteine genannt (vgl. S. 270). In einzelnen Horizonten erscheinen aber auch hellgraue plattige Kalkmergel, sogenannter Pläner. Mit der Entfernung von der alten böhmischen Masse, die auch für die umgebenden Meere sandiges Material geliefert hat, tritt der Quadersandstein zurück; Pläner und glaukonitische Schichten (vgl. Band I, S. 632) sind vorwiegend entwickelt, und im Senon kommt es zur Bildung der weißen Schreibkreide. Glaukonitische Sande, der obere Grünsand, Mergel und Kreide herrschen auch in England und im Pariser Becken vor. In Hannover, Braunschweig und Westfalen ist namentlich der Pläner, im Senon wiederum die Kreide vorhanden, die sich nach Holstein, Schleswig, den dänischen Inseln, dem südlichsten Schweden, Rügen und Litauen ausbreitet. Dieses große Kreidegebiet steht wahrscheinlich in unmittelbarem Zusammenhang mit dem ostgalizischen und dem noch viel größeren südrussischen.

Nur in den Grenzen hat sich das Verhältnis der alpin-mediterranen zu der nordeuropäischen Provinz etwas verschoben. In Portugal, Spanien und Frankreich mit Ausnahme des Dauphiné sind die südlichen Typen weiter nach Norden vorgedrungen als im Jura. Dagegen enthalten die eintönigen Ablagerungen des Karpathensandsteins, soweit sie der Oberkreide angehören, nur nordeuropäische Formen, die erst im Bakonyer Wald, im mittleren und südlichen Siebenbürgen und im Banat der südlichen Entwickelung Platz machen. Auch am Nordrande der Ostalpen deuten nordische Belemnitellen ein leichtes Vordringen des nordischen Elements gegen Süden an.

Im Süden und Osten behauptet die mediterrane Entwickelung nicht nur das altüberkommene Gebiet, sondern sie gewinnt in Nordafrika bedeutend an Verbreitung. In manchen Gegenden der Sahara ist der Boden meilenweit mit Austernschalen bedeckt, wie solche im übrigen Europa mit Ausnahme des südlichen Kalabrien nicht bekannt sind; besonders gehört die Ostrea Overwegi des Senons zum Charakterbild der nordafrikanischen Kreide. Von Syrien und Kleinasien her lassen sich die Rudistenkalke nach Persien, Afghanistan und Belutschistan verfolgen, und aus Tibet kennt man mediterrane Glauconien. Weiter gegen Osten verlieren sich die Spuren der mediterranen Oberkreide, und es läßt sich noch nicht bestimmen, ob eine freie Verbindung mit dem Pazifischen Ozean bestanden hat. Dagegen steht fest, daß eine direkte Verbindung mit dem Indischen Ozean gefehlt hat. Noch am Narbada in Mittelindien ist die Oberkreide mediterran entwickelt. Dagegen enthalten die Kreideschollen von Tritschinapalli und Pondischerri an der Ostküste Dekhans eine durchaus selbständige Fauna, die zwar einige Beziehungen mit der nordeuropäischen Kreide erkennen läßt, von der mediterranen aber vollkommen verschieden ist. Wir werden auf diese überaus fossilreichen ostindischen Kreidebildungen noch zurückkommen. Hier erwähnen wir nur noch, daß sie mit der Kreide von Natal und der des Sululandes faunistisch sehr übereinstimmen, eine Thatsache, die für die Beurteilung der damaligen Verteilung von Wasser und Land von Bedeutung ist: die große Ähnlichkeit zwischen der weit entlegenen südostafrikanischen und der südostindischen Kreide im Gegensatz zu der gänzlichen Verschiedenheit der einander so naheliegenden Kreidebildungen im mittleren und im südöstlichen Indien weist darauf hin, daß auch in der Zeit der Oberkreide noch jenes Festland existierte, das, zur Zeit des Jura und der Unterkreide zwischen Vorderindien und Südafrika ausgebreitet, indomadagassische Halbinsel genannt worden ist.

Auch im Westen, im zentralamerikanischen Gebiete, bewahrt die Mediterranfauna ihre alte Bedeutung, wie die Actäonellen und Hippuriten auf Jamaica, die Kreideceratiten in Peru beweisen. Im übrigen aber vollzogen sich gerade in den westatlantischen Regionen die großartigsten

Digitized by Google

Veränderungen. Ein gewaltiges Binnenmeer überflutete vom Mexikanischen Golf aus das zentrale Nordamerika, drang über Colorado in das heutige Felsengebirge bis an das Great Basin heran und weitete sich über Kansas, Nebraska und Dakota bis an den Mackenzie in 65° nördlicher Breite. Hier erreichte diese gewaltige atlantische Transgression das Eismeer, und westlich erstreckte sie sich in Britisch-Kolumbien bis an den Pazifischen Ozean. Die Ablagerungen dieses zentralen Beckens sind nicht rein marin. Die Dakotagruppe an der Basis enthält Landpflanzen, deren Vorkommen wir schon oben besprochen haben; dann folgen vorwiegend marine Schichten, und zu oberst vermittelt die Laramiegruppe, ein System teils brackischer, teils aus süßem Wasser stammender Ablagerungen, den Übergang zur Tertiärformation. Eine zweite Zone obercretacischer Ablagerungen begleitet in Nordamerika die pazifischen Seiten von Britisch-Kolumbien bis Kalifornien, und eine dritte umsäumt die atlantischen Küsten Nordamerikas von New Jersey bis Georgia. Diese letztere läßt die Beziehungen zur nordeuropäischen Kreide auffallend hervortreten.

In Südamerika bedeckt die Transgression, deren Beginn wohl schon in den obersten Gault zu versetzen ist, weite Flächen, namentlich in den brasilischen Randprovinzen Pernambuco und Sergipe, und wird durch die Kreideschollen in Angola und auf der Insel Elobi an der Westküste Afrikas ergänzt: die ersten marinen Übergriffe, die das uralte brasilisch-äthiopische Festland des kontinentalen Charakters teilweise entkleideten und eine Meeresstraße schufen, auf der indische Ammoniten über Natal und um die Südspitze Afrikas herum quer über die Mediterranregion nach Nordeuropa und nach Nordamerika gelangen konnten.

Obwohl deren Zahl ziemlich groß war, glichen sich doch die atlantische und die pazifisch-indische Kreidefauna gegenseitig nicht völlig aus. Beide behielten trotz mancherlei Beziehungen zu einander ihre spezifischen Eigentümlichkeiten. So fällt die pazifisch-indische Oberkreide schon durch die viel größere Zahl der Cephalopoden auf. Dabei macht sich in dieser Fauna ein gewisser konservativer Zug geltend: Geschlechter wie Holcodiscus, Phylloceras, Lytoceras, die im Jura und in der Unterkreide verbreitet waren, bewahren in der indischen Region auch in der Oberkreide reiche Formenmannigfaltigkeit, während sie im atlantischen Becken ausgestorben sind oder zurückgehen. Anderseits fehlt in Indien der mediterrane und zugleich moderne Typus der Kreideceratiten. Merkwürdigerweise gehören diese Überreste einer früheren Zeit auch einer anderen Provinz an; denn die Phylloceren, Lytoceren, die Holcodiscus, jurassisch-neokome Charaktertiere, hat die indisch-pazifische Provinz aus der mediterranen entnommen. Vielleicht haben die Vorgänge der Gebirgsbildung, die sich an der Schwelle der Oberkreide im mediterranen Ozean abspielten, die erbansässige Fauna vertrieben; als dann das Meer in das neugebildete Land abermals eindrang, waren die Verhältnisse geändert: das Meer war seicht und beschränkt. Wohl finden wir auch später wieder eine Fauna, die auf heißes Klima deutet: Rudisten, Korallen ꝛc., aber die alten Cephalopodengeschlechter mochten sich hier nicht mehr wohl fühlen und kehrten nur teilweise mit abgeänderten Arten wieder zurück.

Am besten untersucht und durch außerordentlichen Fossilreichtum bevorzugt sind die räumlich wenig ausgedehnten Ablagerungen an der Ostküste Vorderindiens, in der Gegend von Pondischerri und Tritschinapalli (Trichinopoli). In dieser ist die ganze obere Kreide vom Cenoman, das unmittelbar auf kristallinen Schiefern liegt, bis zum Senon vorhanden. Bei Pondischerri scheint dagegen nur die obere, ungefähr der Senonstufe entsprechende Gruppe vertreten zu sein: also auch hier ein Umsichgreifen der Transgression im Senon. Wenn wir von diesem Gebiet aus die Verbreitung der indischen Oberkreidecephalopoden verfolgen, fügen sich die einzelnen Beobachtungen zu einem großartigen Bilde zusammen. Indische Cephalopoden konnten um die Südspitze Afrikas herum in das atlantische Gebiet gelangen; nur auf diesem Wege war der Austausch atlantisch-mediterraner und indischer Formen möglich. In Angola begegnen sich mediterrane und

Digitized by Google

indische Elemente; die Hauptrolle spielen aber hier wie in der brasilischen Region die atlantischen Schlönbachien. Den weitesten Spielraum fand diese reiche Fauna in dem gewaltigen, wohl umschlossenen Pazifischen Ozean. Indische Formen finden wir auf dem Plateau von Assam, auf Borneo, vor allem aber auf Jeso und Sachalin, deren Kreidefauna japanische Forscher genau beschrieben haben. Hier ist die Übereinstimmung vollständig, und nicht weniger auf der amerikanischen Seite des Pazifischen Ozeans, auf der Königin-Charlotte- und der Vancouver-Insel und in Kalifornien. Auch im Süden, in Chile, hat Steinmann Phylloceren und Lytoceren indischer Verwandtschaft nachgewiesen. Auch in Australiens noch wenig erforschter Oberkreide trifft man auf indisch-pazifische Spuren. Wie in triadischer, jurassischer und untercretacischer Zeit bildete also der Pazifische Ozean auch in der obercretacischen Periode eine einheitliche tiergeographische Provinz: eine Thatsache von größter Bedeutung. Unabweislich wird dadurch das hohe geologische Alter, die „Permanenz" dieses riesigen Ozeans in den genannten Perioden der Erdgeschichte dargethan. In grellem Gegensatz dazu ist der Atlantische Ozean in seiner jetzigen Form eine jugendliche Schöpfung. Nur sein mittlerer Teil, soweit er der Tethys angehört, ist permanent, die Erweiterungen jedoch in obercretacischer Zeit dauerten nur zum Teil an. Und wir werden sehen, daß er noch in geologisch wenig weit zurückliegender Zeit bedeutend verändert worden ist.

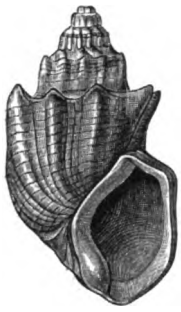
Aber noch nach anderer Richtung hin ist die faunistische Einheitlichkeit des pazifischen Beckens wichtig. Neben den klimatischen Verhältnissen, deren Einfluß namentlich in der Stetigkeit der mediterranen Tethys-Fauna hervortritt, waren auch die geographische Lage und Begrenzung der Meeresbecken, die Küstenlinien, die Verbindungswege von Bedeutung, und gerade die großen Hauptzüge im faunistischen Charakter scheinen dadurch bedingt zu sein. Ob nun die Entwickelung der Lebensformen in verschiedenen Teilen des einheitlichen pazifischen Beckens ziemlich selbständig und gleichmäßig vor sich ging und Wanderungen nur eine untergeordnete Rolle spielten, oder ob ein bestimmtes Gebiet stets oder jeweils den Fortschritt vorzugsweise förderte, ist unserer Einsicht vorläufig entzogen. Soviel steht aber fest, daß der Pazifische Ozean zur Zeit der Trias und des Oberjura mit dem borealen Gebiet verbunden war und aus ihm neues Leben bezog, oder umgekehrt, während sich in obercretacischer Zeit das marine Tierleben in breitem Strome aus oder nach Indien ergießt und die faunistischen Beziehungen mit dem Norden abgeschnitten werden.

Das ist zugleich eine Erscheinung von größter geophysischer Bedeutung: dasselbe Gebiet, das zur Zeit der Oberjuratransgression weithin überflutet war, das boreal-sibirische und nordrussische, lag trocken in obercretacischer Zeit. Halb Rußland nördlich von Wilna, Mohilew, Kaluga, Moskau, Samara, Simbirsk und Orenburg blieb frei von Oberkreide, und ebenso Sibirien und das nördliche China; nur an der Soßwa in 63° nördlicher Breite sind obercretacische Baculitenschichten entdeckt worden.

Nach früheren Anschauungen sollte eine tiefe Kluft die Kreide von der Tertiärformation scheiden. Und in der That sind der Zustand der Erde und die Art ihrer Bewohner im Alttertiär in den Hauptzügen grundverschieden von dem Bilde, das wir zur Kreidezeit erhalten. Trotzdem besteht jene klaffende Lücke in der Wirklichkeit nicht, sondern in vielen Gegenden geht im Gegenteil eine Formation allmählich in die andere über. In manchen Distrikten der Mediterranprovinz, besonders in Syrien, in der Libyschen Wüste, in Kleinasien, mischen sich an der Grenze von Kreide und Tertiär Hippuriten, die Charakterformen der Kreide, mit Nummuliten, den Leitformen des älteren Tertiärs. In der Nordprovinz stehen ähnlich das sogenannte Danien, die Kalke von Faxe in Dänemark, die Bildungen von Maastricht und andere an der Grenze der zwei großen Zeitalter. Immerhin ist hier die Mischung der Faunen gering; der massenhafte Zuzug neuer Elemente in den höheren Schichten bestimmt scharf genug das Anheben eines neuen Zeitalters.

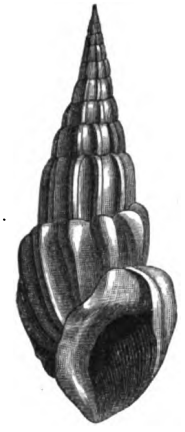
Digitized by Google

Viel stärker ist die Mischung in der Tejongruppe an der Westküste Kaliforniens. Hier kann, trotz verschiedener Abschwächungsversuche kein Zweifel darüber obwalten, daß sich zu der Fauna der Oberkreide allmählich tertiäre Formen hinzugesellen, die nach oben allmählich so anwachsen, daß die letzten Ammoniten und Baculiten, umgeben von einer reich entwickelten Fauna tertiärer Formen, aussterben. Auch an der chilenischen Küste scheinen ähnliche Ablagerungen entwickelt zu sein. Ein derartiger Übergang ist aber auch in Gegenden bekannt, wo sich an der oberen Grenze der Kreideformation brackische und Süßwasserablagerungen einstellen, so vor allem in der schon erwähnten Laramiegruppe. Das große nordamerikanische Binnenmeer wurde gegen Ende der Kreidezeit immer mehr ausgesüßt, brackische, dann Süßwassermollusken siedelten sich an, es bildeten sich Kohlenflöze, und die Ablagerungen, die auf diese Weise auf einem Flächenraum von 129,500 Quadratkilometer entstanden, gehen ohne deutliche Grenze in die tertiären Bildungen der großen zentralamerikanischen Ebene über. Zahlreiche Mollusken belebten die Seen der Laramiezeit; wie White bewiesen hat, waren es die Vorfahren der heutigen Fauna Nordamerikas. Ein den Laramieschichten gleichzustellendes Übergangsglied bildet im Staate Washington und in Britisch-Kolumbien die Pugetgruppe, die, in ihrer Molluskenfauna von der Laramiegruppe gänzlich abweichend, von dieser durch eine Festlandsscheide getrennt war. In Südamerika schließt die Kreide mit der guaranitischen Formation, einem Seitenstück der Laramiegruppe, die wie diese das Tertiär unterlagert, und zwar die durch ihren Fossilreichtum so berühmte und lange verkannte Pampasformation.



Pyrgulifera, aus der oberen Kreide von Ajka in Ungarn. (Nach Tausch.)

Somit walten auch am Ausgang der mesozoischen Zeit Verhältnisse ob, die die ungestörte Fortentwickelung der Erde und ihrer Bewohner verbürgen. Natürlich schließt dies nicht aus, daß die Kreide in einzelnen Gegenden unvermittelt abschließt und das Tertiär ohne Zusammenhang mit der Kreide selbständig auftritt. Die Ursache solcher scharfer Scheidung könnten in manchen Gegenden der Mediterranprovinz die Vorgänge der Gebirgsbildung gewesen sein, die zu Beginn der Oberkreide eingesetzt und sich an der Grenze gegen das Tertiär wiederholt haben. Vielleicht ist auch das Seichterwerden und die lokale Aussüßung des Oberkreidemeeres auf die fortschreitende Erhebung des Untergrundes zurückzuführen. An solchen Stellen (in Spanien, in der Provence, im Brandenberger Thal bei Brixlegg in Tirol, bei Salzburg, im Gosauthal, bei Hieflau in Steiermark, in der Neuen Welt bei Wiener-Neustadt, endlich bei Ajka im Bakonyer Wald) entstanden Süßwasserablagerungen mit einer reichen Fauna und Flora, oft auch Kohlenflöze von beschränkter Ausdehnung.



Stomatopsis, aus den Cosinaschichten, Istrien. (Nach Stache.) Vgl. Text, S. 301.

Die reichen Molluskenfaunen dieser Lokalitäten haben mit Recht viel Interesse hervorgerufen. Obgleich fast jede dieser Lokalfaunen ihre spezifischen Eigentümlichkeiten, die Provence z. B. ihre seltsam geformten Lungenschnecken der Gattung Lychnus hat, geben sie sich im ganzen doch als zusammengehörig zu erkennen. Reichverzierte Formen sind ziemlich häufig; am besten lassen sie sich mit äthiopischen und malayischen oder polynesischen Typen vergleichen. Zu den wichtigsten gehört jedenfalls die schöne Pyrgulifera, die von Rognac in der Provence bis hinüber nach Ajka in Ungarn in Menge vorkommt und durch die große Veränderlichkeit ihrer Form ausgezeichnet ist (s. obenstehende Abbildung). Sie findet sich außerdem in brackischen Kreideschichten bei Suderode am Rande des Harzes, und, was viel

Digitized by Google

merkwürdiger ist, in der Laramiefauna Nordamerikas sowie lebend im Tanganyikasee in Zentralafrika. Ob diese eigentümliche Verteilung der Gattung Pyrgulifera mit komplizierten Wanderungen oder vielmehr mit einer zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Gegenden ziemlich selbständig erfolgten Anpassung einer marinen Form zusammenhängt, ist noch nicht zu entscheiden. Beziehungen zur Tanganyika-Fauna hat übrigens noch eine andere Süßwasserbildung der Kreide-Tertiärgrenze, die Cosinaschichten in Istrien und Dalmatien. Diese Süßwasserschichten, die den obercretacischen Rudisten- mit dem tertiären Nummulitenkalk verknüpfen, sind reich an eigenartigen Mollusken (s. Abbildung, S. 300), unter andern auch an der Sippe Fascinella, die lebend im Tanganyika vorkommt.

Wie es sich auch mit jener eigentümlichen Verbreitung der Pyrguliferen verhalten mag, sicher besteht in einer Hinsicht ein tiefgreifender Unterschied zwischen den Süßwasserfaunen der oberen Kreidegrenze in Nordamerika und in Europa: dort fand eine ununterbrochene Entwickelung statt, die Mollusken der Atlantosaurus-Beds bildeten die Vorfahren der Laramiefauna, diese enthält die Vorfahren der tertiären und jetzt lebenden Fauna; in Europa dagegen waren die Schicksale der Lebewelt viel unruhiger und wechselvoller. Die Mollusken des Wealden erinnern an die Nordamerikas, keineswegs aber an die europäische Oberkreidefauna, und diese wiederum hat keinen entschiedenen Anschluß an das europäische Tertiär. Ähnliche Erscheinungen, die Folge der zahlreichen Transgressionen und der Mannigfaltigkeit der geologischen Ereignisse in Europa, werden wir noch bei den Säugetieren der Tertiärzeit kennen lernen.

Noch eins verdient hervorgehoben zu werden: Tiefes Meer stand durch mehrere Perioden der Erdgeschichte über dem mediterran-äquatorialen Gürtel. Aus ihm erstanden, die Wässer teilend, die ersten alpin-karpathischen Faltungen, und die in obercretacischer Zeit wiederkehrenden Fluten konnten hier nur mehr seichte, durch fortschreitende Hebung selbst gänzlich ausgesüßte Becken bilden. Nordeuropa aber, das in denselben älteren Perioden stets nur von seichtem Wasser überzogen war, wird nun im Senon zum erstenmal tief versenkt, so daß sich ein pelagisches Foraminiferen-Sediment, die weiße Schreibkreide, über weiteren Flächen ablagern kann. So haben beide Gebiete ihre Rollen getauscht. Vielleicht hängt auch die Tieferlegung Nordeuropas mit der Gebirgserhebung des Alpen- und Karpathensystems zusammen.

---

7. Die Tertiärformation.

Inhalt: Charakter, Verbreitung und Gliederung der Tertiärformation. — Tertiäre Säugetiere; Beuteltiere. — Entwickelung der Placentaltiere. — Nagetiere. — Huftiere. — Nager, Edentaten, Wale. — Das ältere Tertiär in Europa. — Das ältere Tertiär außerhalb Europa. — Die alttertiären Säugetierfaunen und Floren. — Allgemeine Verhältnisse des Miocäns. — Das Miocän in Europa. — Die sarmatischen Ablagerungen. — Das untere Pliocän (pontische Stufe). — Mittleres und oberes Pliocän. — Jungtertiäre Ablagerungen außerhalb Europas. — Rückblick.

Charakter, Verbreitung und Gliederung der Tertiärformation.

Mit dem Ende der Kreideformation, der letzten unter den drei großen mesozoischen Gruppen, gelangen wir zu einem wichtigen Wendepunkt in der Erdgeschichte. Wir nähern uns dem jüngsten Weltalter, der **känozoischen Periode**, der **Periode moderner Entwickelung**, umfassend die **Tertiärformation**[1], die **Quartärformation** oder das **Diluvium** (Pleistocän) und

[1] Die tertiären Ablagerungen werden folgendermaßen eingeteilt:

I. Oberes Tertiär oder Neogen.	II. Unteres Tertiär oder Paläogen.
A. Pliocän. B. Miocän.	C. Oligocän. D. Eocän.

Digitized by Google

die Jetztzeit. Bedeutende Änderungen in der Verteilung von Wasser und Land wie in der Entfaltung organischen Lebens fallen annähernd mit der Grenze zwischen Kreide und Tertiär zusammen, Abweichungen von einem Umfang, wie sie ähnlich nur an wenigen Stellen in der geologischen Entwickelung auftreten.

Aus weiten Gebieten, die heute Festland sind, findet ein sehr bedeutender Rückzug des Meeres statt, und damit ist eine gewaltige Annäherung an die heutigen Verhältnisse gegeben. Weite Strecken im nördlichen Deutschland, in Rußland und namentlich in Nordamerika werden trocken gelegt; ihnen gesellen sich zahlreiche Gebiete mit schwächerem Landgewinn zu. Dennoch wäre es falsch, zu behaupten, daß die heutige Verteilung des Meeres wesentlich schon zu Beginn des Tertiärs vorgelegen habe. Das Vorhandensein eines Meeresarmes, der sich von Südfrankreich am Nordrande der Alpen durch die Karpathenländer und Ungarn nach Westasien erstreckte, läßt schon eine Verschiedenheit erkennen. Noch auffallender gestalten sich die Differenzen weiter im Osten: von Kleinasien aus scheint sich während der älteren Tertiärzeit eine breite Wasserfläche bis Indien und in die tibetanische Region erstreckt zu haben, ja im Herzen von Zentralasien, in Turan, Turkistan und in der Pamirregion, sind nach den Untersuchungen von Muschketow und Romanovsky ausgedehnte und fossilreiche Ablagerungen dieses Alters gefunden worden. Daneben waren das Londoner und Pariser Becken, Belgien, der größte Teil von Südeuropa, der Sahara und vermutlich auch von Arabien während des Eocäns, des ersten Abschnittes des Tertiärs, unter Meer; und auch die westliche Hemisphäre bietet ein ganz fremdartiges Bild. Ebensowenig kann man behaupten, daß von Anfang des Tertiärs bis heute eine stetige und allmähliche Annäherung an den jetzigen Zustand stattgefunden habe. Denn abgesehen von geringeren Schwankungen, finden wir, daß während der zweiten der vier Hauptabteilungen des Tertiärs, während des Oligocäns, wenigstens im mittleren Europa das Meer gewaltig an Raum gewonnen hat, ja in Gegenden vordringt, die, wie das Becken von Mainz, seit dem Jura trocken gelegen hatten.

Mehr Ähnlichkeit mit den jetzigen Verhältnissen finden wir allerdings, wenn wir die Tiefe, nicht die Ausdehnung der tertiären Meere in den jetzt festländisch gewordenen Gegenden betrachten. Können auch keine genauen Maße angegeben werden, so fehlen doch sicher eigentliche Tiefseeablagerungen pelagischen Charakters fast vollständig. Die meisten Meeresbildungen gehören jenem Gürtel von Thon- und Sandbildungen an, der die Festländer umgibt, und die Kalke, die sich finden, sind teils entschiedene Seichtwasser- und Brandungsbildungen, wie die verschiedenen Nulliporen- und Korallenkalke, teils können an sich große, dickschalige, kalkige Tierreste (wie in den Nummulitenkalken 2c.) nicht aus tiefem Wasser stammen. Wenn also auch ein bedeutender Teil namentlich der nördlich gemäßigten Zone zu Beginn des Tertiärs noch unter Wasser war, so genügten doch verhältnismäßig geringe Bewegungen, um weite Gebiete trocken zu legen.

Anderseits waren im Tertiär noch bedeutende Landmassen vorhanden, deren Stelle heute durch Meer eingenommen wird. Eine solche verband das nordwestliche Europa mit Nordamerika; Reste davon scheinen die Färöer und Island zu sein. Anderseits läßt die Verwandtschaft der chinesischen Land- und Süßwasserbevölkerung mit der Nordamerikas darauf schließen, daß das Aleutische Meer trocknes Land war. Wahrscheinlich also war eine Zeitlang das Nördliche Eismeer vom Atlantischen wie vom Pazifischen Ozean getrennt oder stand nur mit einem davon durch einen unbedeutenden Kanal in Verbindung. Andere Thatsachen weisen darauf hin, daß erst nach dem Anfang der Tertiärzeit das Festland verschwunden ist, das Afrika mit dem südlichen Amerika verband; somit wäre der Atlantische Ozean in seiner heutigen Gestalt erst in junger Zeit entstanden. In einer anderen Gegend sehen wir, daß Madagaskar noch mit Südafrika zusammenhing, eine Verbindung, die erst im Laufe des Tertiärs zerstört worden ist.

Digitized by Google

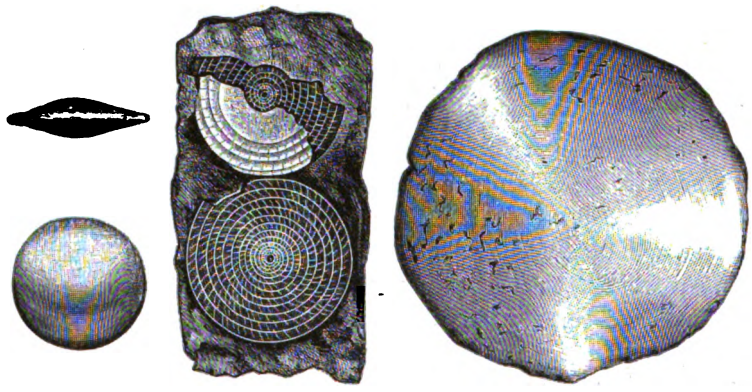
In den klimatischen Verhältnissen ist zwischen oberer Kreide und unterem Tertiär, wie es scheint, kein großer Kontrast zu bemerken. Während der Tertiärzeit fand im allgemeinen eine Abkühlung statt, so daß an ihrem Schlusse in den Gegenden, für die die nötigen Anhaltspunkte vorliegen, ein nur wenig wärmeres Klima herrschte als heute. Dann aber kam es während der Pleistocänzeit zu einer erheblichen Abkühlung. Mächtige Eis- und Schneemassen häuften sich an und bedeckten nicht nur die nordischen Lande und die hohen Gebirge, sondern von hier aus reichten Gletscher bis in die Ebenen Mitteleuropas herab, die wir noch heute mit dem von dem Eise transportierten Material großenteils bedeckt finden; polare Tiere und Pflanzen lebten in unseren Ebenen. Ähnliches trat auch in den verschiedensten Ländern der nördlichen wie der südlichen Halbkugel auf. Es ist das die vielgenannte Eiszeit, nach deren Schluß die Temperatur bis zu dem heutigen Zustand wieder allgemein stieg.

Von größter Bedeutung sind im Tertiär die Erscheinungen der Gebirgsbildung. Die größten und höchsten Gebirge der Erde haben in dieser Zeit die letzten und bedeutendsten Aufstauungen erlitten, ihr heutiger Bestand geht nach Ablauf der ersten Faltung zu Beginn der Oberkreide wesentlich auf Massenbewegungen während der eocänen und miocänen, bei manchen auch während der pliocänen Zeit zurück: die Alpen, Karpathen, Apenninen, die albanisch-griechischen Gebirge, der Kaukasus, der Himalaya, der Tiënschan, die Kordilleren in Nord- und Südamerika und eine Reihe anderer fallen in diese Kategorie. Gleichzeitig fanden in vielen Gegenden mächtige Ausbrüche vulkanischer Gesteine statt. Gewaltige Massenergüsse trachytischer und basaltischer Natur traten am südlichen Abbruch der Karpathen, kleinere am Abbruch der Alpen hervor. In Deutschland entstand, abgesehen von kleineren Vorkommnissen, eine Kette von Vulkanen, die sich aus der Eifel und dem Hunsrück quer durch Mitteldeutschland bis nach Böhmen und Schlesien erstreckt. Basaltdecken von riesiger Ausdehnung und großer Mächtigkeit ergossen sich im nordwestlichen Amerika, in Abessinien, zwischen Schottland, den Färöer und Island, und auch in vielen anderen Gegenden, z. B. in Italien, im Kaukasus, in Armenien, spielen tertiäre Eruptivgesteine eine große Rolle.

In der Organismenwelt finden wir die Unterschiede zwischen der cretacischen und der tertiären Fauna durch das Aussterben vieler und teilweise sehr charakteristischer Typen scharf ausgesprochen. Unter den Wirbeltieren macht sich vor allem ein auffallender Rückzug der Reptile bemerkbar: von jenen mächtigen Tieren, die in Trias, Jura und Kreide Land und Meer beherrschten, sind die hervorragendsten Vertreter erloschen. Die gewaltigen Saurier des Meeres, die Ichthyosaurier, Plesiosaurier und die Mosasaurier, die gerade in der oberen Kreide die höchste Blüte erreicht haben, sind spurlos verschwunden. An ihre Stelle treten die durch ihre Größe ausgezeichneten Meersäugetiere, die Cetaceen oder Wale. Die herrschenden Landtiere, die mächtigen Dinosaurier, überleben ebenfalls das Ende der Kreidezeit nicht oder retten sich höchstens in schwachen Überbleibseln bis in die erste Phase der neuen Formation. Endlich verschwinden mit der Kreidezeit die Flugsaurier oder Pterodactylen. Von allen durch ihre Größe hervorragenden Reptilen der Kreidezeit bleiben nur die Krokodile bis zur Jetztzeit als lebende Fossile übrig; von kleineren Formen dauern die Eidechsen und Schildkröten fort, und die früher nur schwach vertretenen Schlangen nehmen zu. Für dieses Zusammenschrumpfen der landbewohnenden Reptile finden wir eine Erklärung in dem Überhandnehmen höher organisierter Formen, der Säugetiere und Vögel, denen ihre vollkommenere Organisation einen entschiedenen Vorteil verleiht. Überdies mußten gerade solch riesige Tiere, die eine ungeheure Menge von Nahrung bedürfen, und deren überaus unentwickeltes Gehirn ein Minimum von Intelligenz und von Fähigkeit, neue Verhältnisse zu beherrschen, bekundet, bei Veränderungen der äußeren Lebensbedingungen am schwersten getroffen werden und am leichtesten aussterben.

Digitized by Google

Können wir uns in diesem Falle eine Ursache der Veränderung denken, so verhält es sich anders mit den bedeutenden Lücken, die bei den niedrigen Meerestieren einreißen. Der Cephalopoden verbreitetste Abteilungen, die Ammoniten und die Belemniten, treten vollständig zurück. Lange Zeit glaubte man, daß sie in der That auf der Grenze des Tertiärs gänzlich verschwinden; später hat man jedoch vereinzelte Nachzügler entdeckt: Schlönbach wies das Vorkommen eines seltenen Belemniten im unteren Tertiär Europas nach, und die amerikanischen Geologen haben in den zum untersten Tertiär gehörigen Schichten Kaliforniens noch vereinzelte Ammoniten gefunden. Dies sind aber doch nur verschwindende Überreste, die bald untergehen, und das Fehlen dieser sonst so verbreiteten Tiere gibt dem Tertiär sein eigentümliches Gepräge. Unter den Schnecken verschwinden mehrere wichtige Gattungen, namentlich die Nerineen, Glauconien und Actäonellen, unter den Muscheln die in der oberen Kreide fast allgegenwärtigen Inoceramen. Ferner sind die in der Kreidezeit so verbreiteten Trigonien im Tertiär fast ganz auf die australische Region beschränkt und haben sich dort bis heute erhalten. Vor allem aber ist das Erlöschen der Rudisten wichtig. Diese seltsame Gruppe dickschaliger Muscheln, die in der Kreide so gewaltig durch Formenreichtum und Individuenmenge hervorragt, scheint die Grenze der Kreideformation an keiner Stelle zu überschreiten. Dagegen treten die Abnahme der Brachiopoden und eine Anzahl ähnlicher Erscheinungen gegen die große Wichtigkeit der eben genannten weit zurück. Weiter sind Typen in der Kreideformation zahlreich, im Tertiär aber nur wenig gefunden worden, von denen trotzdem mit Bestimmtheit behauptet werden kann, daß sie in namhafter Zahl existierten: die Ananchytiden unter den See-Igeln, die gestielten Crinoiden und die Kieselschwämme. Alle diese Formen kommen in der Jetztzeit in großen Meerestiefen in beträchtlicher Zahl vor, und daß deren aus dem Tertiär nur so wenige vorliegen, rührt lediglich daher, daß wir von hier keine eigentlichen Tiefseefaunen kennen.

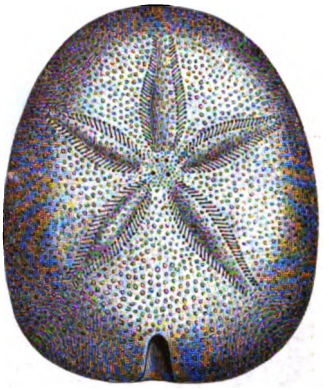


Nummuliten: rechts und links vollständige Exemplare, in der Mitte zwei Durchschnitte im Gestein. Vgl. Text, S. 305.

Wenn aber auch einige scheinbare Abweichungen in Wirklichkeit nicht existieren, so begründen doch die genannten Fälle einen so tief greifenden Unterschied zwischen Kreide und Tertiär, daß wir hier einen der einschneidendsten Kontraste finden, der zwischen rasch aufeinander folgenden Faunen überhaupt existiert. Namentlich durch das Verschwinden von Ammoniten, Belemniten, Inoceramen und Rudisten erhält die Fauna der wirbellosen Meerestiere ein durchaus anderes Gepräge. Allein vergebens sehen wir uns nach einem hinreichenden Grunde um, dem der Untergang dieser so überaus entwickelten Formengruppen zugeschrieben werden könnte. Freilich nehmen in der zweiten Hälfte der Kreideformation gefährliche Räuber, die Knochenfische, mächtig überhand, und es liegt nahe, die ungefähr seitdem beginnende Verminderung der Ammoniten und Belemniten und ihr endliches Verschwinden mit dem Umsichgreifen dieser neuen Feinde in Zusammenhang zu bringen; wir wissen ja, daß auch jetzt die nackten Cephalopoden von den Fischen mit

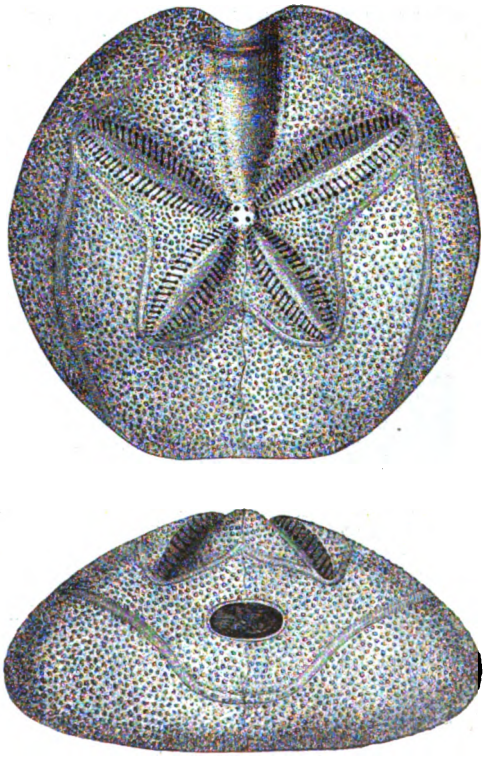
Digitized by Google

Vorliebe gefressen werden. Dagegen ist es durchaus unwahrscheinlich, daß der Fische Vermehrung von nennenswertem Einfluß auf das Fortkommen der Rudisten war, die doch in ihren soliden, dickwandigen, am Boden festgewachsenen Schalen vor plötzlichen Angriffen gesichert waren. Durch das Aussterben dieser alten Typen erhält die tertiäre Meeresfauna ihren wesentlichen Charakter. In den meisten übrigen Beziehungen steht sie der der oberen Kreide überaus nahe.



Echinanthus scutella, aus dem oberen Eocän der Umgebung von Vicenza. (Nach Dames.) Vgl. Text, S. 307.

Allerdings gibt es gerade unter den niedersten Tieren, unter den zu den Urtieren gehörigen Foraminiferen, eine Abteilung, die Nummuliten, die, in früheren Formationen nur spärlich, sich hier plötzlich ganz enorm entwickeln. Sie stellen das höchste Glied ihrer ganzen Klasse dar und sind gleichzeitig die Riesen dieser Abteilung: manche erreichen eine Größe von 60 mm, während allerdings andere 2 mm nicht überschreiten. Die linsenförmigen, bisweilen fast kugeligen Gehäuse bestehen aus zahlreichen (bis zu 50) stark umfassenden Spiralwindungen, die durch eine Menge von Scheidewänden in viele Kammern geteilt werden. Die Schale ist fein porös und enthält in gewissen Partien ein verzweigtes System von Kanälen (s. Abbildung, S. 304). Die geologische Verbreitung der Nummuliten ist groß. Vereinzelte Exemplare sind schon im paläozoischen Kohlenkalk gefunden worden, eins hat Gümbel aus dem Jura beschrieben, und auch der oberen Kreide scheinen solche nicht ganz zu fehlen; in allen diesen Ablagerungen gehören sie aber zu den Seltenheiten. Erst nach Beginn des Tertiärs nehmen sie an Größe, Artenzahl und Individuenmenge zu. Sie sind in eocänen und teilweise auch in oligocänen Bildungen in vielen Gegenden in solcher Menge aufgehäuft, daß sie für sich allein ganze Schichtsysteme zusammensetzen, und zwar ist wenigstens auf einem großen Teil der Erdoberfläche ihre Verbreitung merkwürdigerweise dieselbe wie die der Rudisten in der oberen Kreide: sie nehmen die Zone ein, die zu beiden Seiten des Mittelmeeres verläuft, das alpin-karpathische Gebiet umfaßt und sich von da nach Osten bis Indien erstreckt; außerhalb dieses Gebietes kommen sie in geringerer Zahl vor.

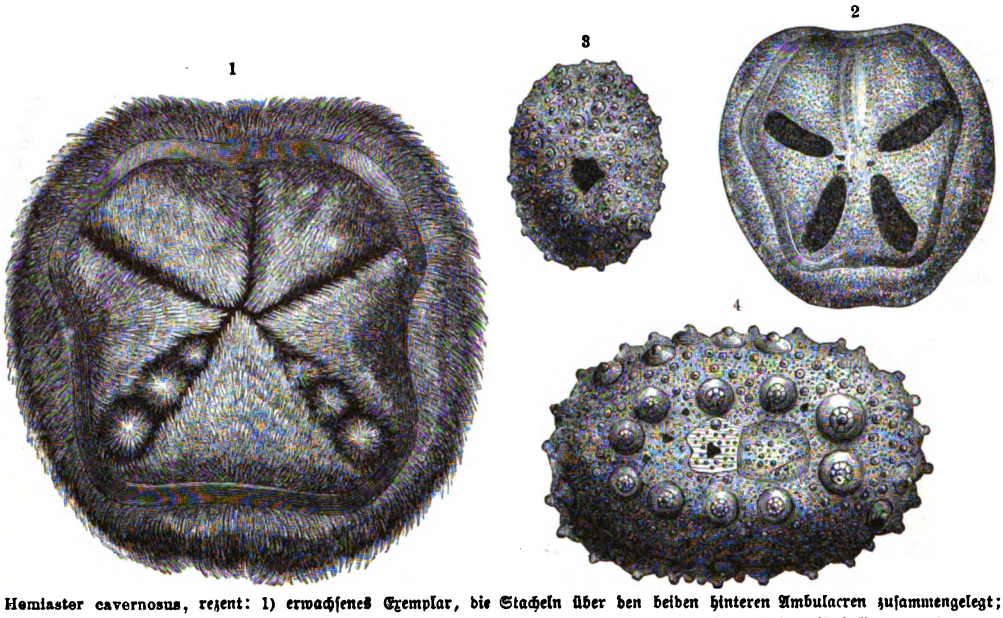


Linthia Heberti, aus dem oberen Eocän der Umgebung von Vicenza. (Nach Dames.) Vgl. Text, S. 307.

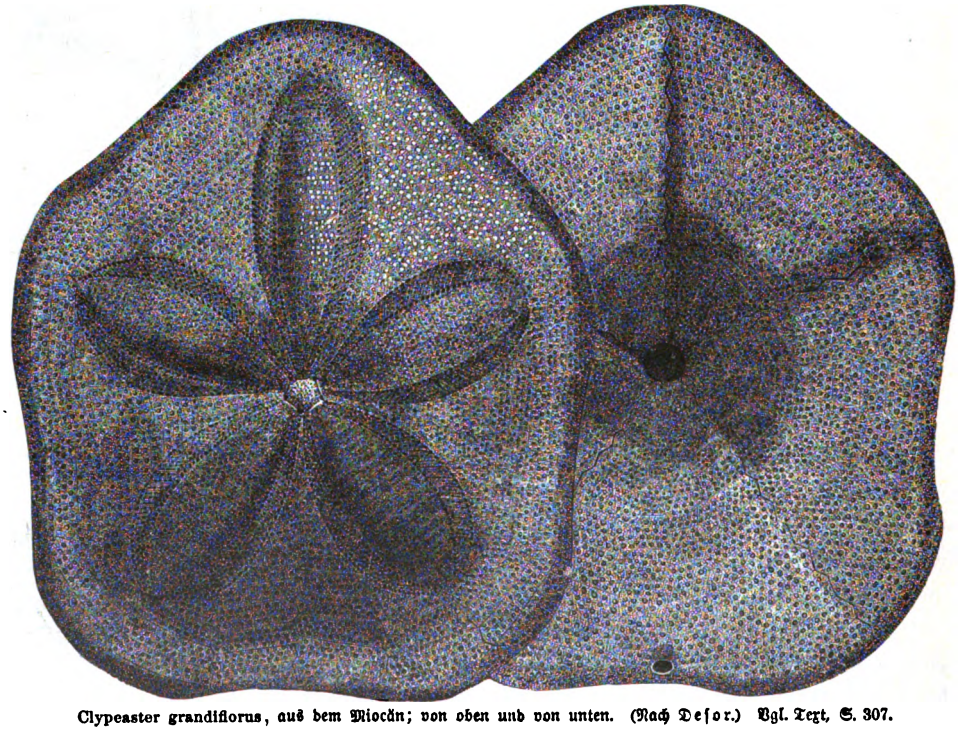
Die mächtige Blüte dauert übrigens nur kurze Zeit. Schon im Oligocän sind die Nummuliten im Rückgang, im oberen Teile des Tertiärs und in der Jetztzeit sind sie nur durch wenige kleine Formen vertreten. Also eine ebenso rätselhafte Erscheinung wie das plötzliche und massenhafte Auftreten großer Foraminiferen, der Fusuliniden, im oberen Kohlenkalk und deren

Digitized by Google

raſches Verſchwinden. Von etwas höher organiſierten Protozoen kommen die zierlichen Kieſelgerüſte der Radiolarien an einzelnen Orten in großer Menge vor, doch ohne daß ihre



Hemiaster cavernosus, rezent: 1) erwachſenes Exemplar, die Stacheln über den beiden hinteren Ambulacren zuſammengelegt; 2) etwas kleineres Exemplar ohne ſeine Stacheln; 3) ganz junges Exemplar von der Bauchſeite, mit dem fünfeckigen Munde, vergrößert; 4) ganz junges Exemplar von der Rückenſeite, ſtärker vergrößert. (Nach Al. Agaſſiz.) Vgl. Text, S. 307.



Clypeaster grandiflorus, aus dem Miocän; von oben und von unten. (Nach Deſor.) Vgl. Text, S. 307.

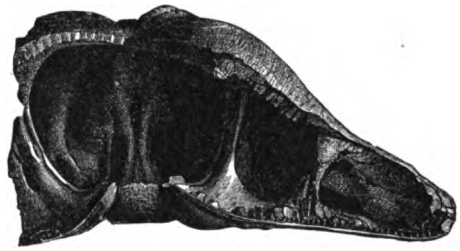
Verbreitung für den Geologen von Bedeutung ſein könnte. Unter den Cölenteraten ſind die Schwämme, wie ſchon erwähnt wurde, im allgemeinen ſehr ſelten, nur bei Damaru auf

Digitized by Google

Neuseeland kennt man eine alttertiäre Ablagerung, die an mannigfaltigen, aber rezenten Gattungen angehörigen Spongien überreich ist. Korallen sind sehr entwickelt, ohne sich jedoch der Kreidezeit gegenüber durch hervorragende neue Typen auszuzeichnen.

Unter den Stachelhäutern oder Echinodermen sind nur die See-Igel von Bedeutung und kommen stellenweise in außerordentlicher Menge und Mannigfaltigkeit vor. Neben zahlreichen regulären Formen, neben einer Menge von Kassiduliden, unter denen Echinolampas, Echinanthus (s. Abbildung, S. 305, oben) und andere durch Häufigkeit hervorragen, sind namentlich zwei Familien wichtig: die Clypeastriden und die Spatangiden. Die Spatangiden sind schon in der Kreideformation zahlreich, aber im Tertiär und in der Jetztzeit erreichen sie ihre stärkste Ausbildung (s. die Abbild. von Linthia Heberti, S. 305, unten); sie sind die höchst entwickelten unter allen See-Igeln und weichen von deren einfachsten regulären Typen so weit ab, daß man an eine Abstammung von ihnen kaum glauben dürfte, wenn nicht unmittelbare Beweise dafür vorlägen. Abgesehen von der paläontologischen Erscheinung, geht dies namentlich aus der Jugendentwickelung dieser Tiere hervor, die allerdings lange Zeit hindurch nicht bekannt war, weil man die jungen Spatangiden in ihrer von den Erwachsenen abweichenden Gestalt nicht als das erkannt hatte, was sie sind. Erst infolge einer höchst eigentümlichen Einrichtung mancher Arten ist es gelungen, das Rätsel zu lösen. Bei Hemiaster cavernosus (s. die Abbildung, S. 306, oben) sind die blumenblattähnlichen Fühlergänge oder Ambulacren auf der Oberseite der Schale stark vertieft, und die Eier gelangen bei ihrem Austritt aus den Genitalporen in diese breiten Furchen, die durch die darüber sich kreuzenden Stacheln in eine sichere Kinderstube verwandelt werden. Hier entwickeln sich nun die jungen Spatangen, deren Zugehörigkeit zu den alten durch die Auffindung in diesem Brutraum sicher gestellt wird, obwohl sie von ihnen außerordentlich abweichen: der fünfeckige Mund liegt in der Mitte der Unterseite, der After in der Mitte der Oberseite, die Fühlergänge sind schmal, nicht blumenblattförmig erweitert, die Stachelwarzen und Stacheln groß und in geringer Zahl vorhanden; kurzum, man erhält ganz das Bild eines regulären See-Igels, und erst im weiteren Wachstum entwickeln sich die Merkmale der Spatangiden.

Tertiäre Muschel mit Mantelbucht (Venus). Vgl. Text, S. 308.



Aufgebrochenes Exemplar von Clypeaster aegyptiacus mit den Strebepfeilern im Inneren.

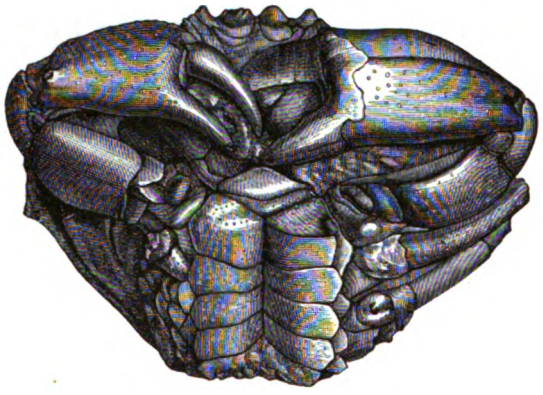
Besonders charakteristisch ist die See-Igelfamilie der Clypeastriden (s. Abbildung, S. 306, unten), die in der Kreidezeit nur durch kleine Vorläufer vertreten war: Formen mit zentralem Munde und exzentrischem After, mit kräftigem Gebiß, mit breiten, blumenblattförmigen Ambulacren und verhältnismäßig schmalen Interambulacralzonen. Endlich finden wir als eine besondere Eigentümlichkeit im Inneren der Schale Strebepfeiler von Kalk (s. obenstehende Abbild.) angebracht, die dem Ganzen eine Festigkeit verleihen, deren namentlich die großen, in starker Brandung lebenden Arten in hohem Grade bedürfen. Im allgemeinen schließen sich die Clypeastriden am nächsten an die Discoideen der Kreideformation (s. die Tafel bei S. 308, Fig. 8—10) an, bei denen blumenblattähnliche Ambulacralbildung schwach angedeutet und durch innere Leisten die Strebepfeiler schon vorgebildet erscheinen. Wenn wir übrigens in den Clypeastriden einen neuen Charakter der Tertiärablagerungen sehen, so gilt das doch durchaus nicht

Digitized by Google

für alle Teile der Formation: in deren älterer Hälfte sind die Clypeastriden nur wenig besser vertreten als in der Kreide, und erst im oberen Tertiär nehmen sie überhand.

Von anderen Abteilungen der wirbellosen Meerestiere sind Würmer in geringer Moostorallen oder Bryozoen in außerordentlicher Menge vorhanden; aber ihre Verbreitung ist noch zu wenig studiert, als daß sie geologisch bedeutend sein könnten. Nur treten vom Tertiär an die mit weiten, endständigen Zellmündungen versehenen Cyclostomen der älteren Formationen endgültig zurück, und an ihrer Stelle dominieren die geologisch jüngeren Chilostomen mit schmalen, seitlichen Mündungen. Die Brachiopoden spielen im Vergleich zu den älteren Bildungen eine geringfügige Rolle; nur in einzelnen Ablagerungen sind sie etwas häufiger.

Um so größer ist die Bedeutung der Weichtiere oder Mollusken, zu denen weit über die Hälfte aller bisher beschriebenen tertiären Tierarten gehört. Die Cephalopoden oder Kopffüßer, die in so großer Fülle in den älteren Formationen auftreten, sind allerdings auf ziemlich unscheinbare Reste zusammengeschrumpft; aber Muscheln und Schnecken sind in um so größerer Zahl vorhanden. Die Menge der Formen in beiden Abteilungen und ihre Mannigfaltigkeit ist übrigens so außerordentlich, daß es nicht möglich ist, auch nur die wichtigsten Gattungen einzeln zu schildern. Unter den Muscheln macht sich namentlich die steigende Zahl der mit einer Mantelbucht versehenen Gattungen und Arten bemerkbar (s. Abbildung, S. 307, oben), während unter den Schnecken das Überhandnehmen der Formen charakteristisch ist, deren Mundöffnung unten in einen Kanal ausgezogen ist oder wenigstens einen kanalartigen Ausschnitt zeigt. Gerade unter ihnen finden wir die mannigfaltigsten und zierlichsten Konchylien (s. die beigeheftete Tafel „Tertiäre Siphonostomen"), durch deren Häufigkeit die tertiären Meeresbildungen in hohem Grade ausgezeichnet sind. Zwar sind solche Kanalträger oder Siphonostomen schon in älteren Ablagerungen vorhanden und in der oberen Kreide, namentlich in Kalifornien, bereits recht zahlreich; aber trotzdem sind sie hier bei weitem nicht in solcher Menge vorhanden als im Tertiär. Von Crustaceen ist das Vorkommen einer großen Anzahl von Krabben hervorzuheben, die am schönsten und zahlreichsten aus dem unteren Tertiär der Umgebung von Vicenza bekannt sind (s. obige Abbild. von Cancer quadrilobatus).

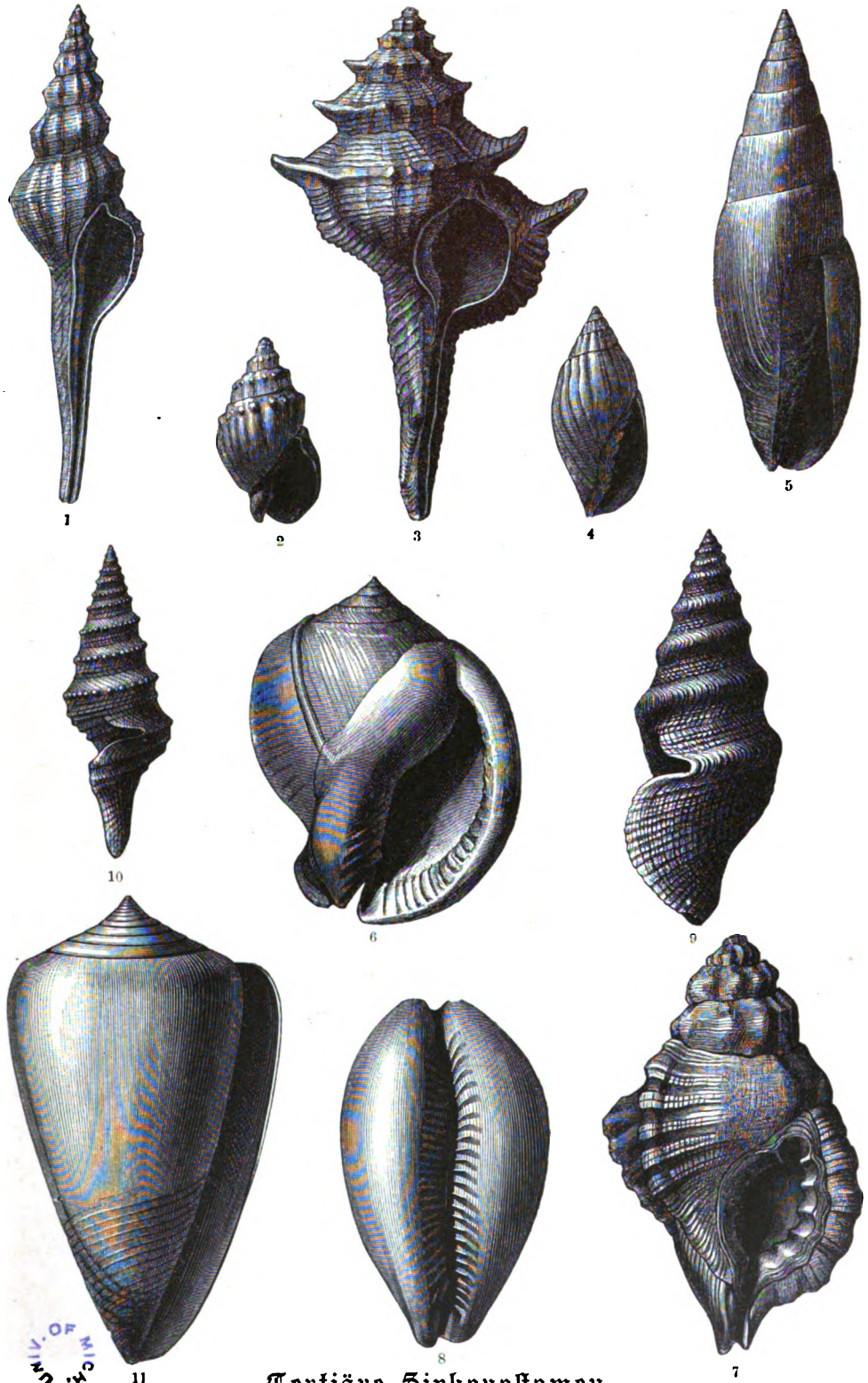


Cancer quadrilobatus von der Bauchseite; eine Krabbe aus dem älteren Tertiär der Umgebung von Vicenza. (Nach Bittner.) Vgl. auch Text, S. 368.

Wir sehen also, daß die Unterschiede der mesozoischen Zeit gegenüber, soweit sie auf Neubildung größerer Gruppen von wirbellosen Meerestieren beruhen, außerordentlich geringfügiger Natur sind, daß in dieser Hinsicht zwischen manchen anderen benachbarten Formationen erheblichere Abweichungen vorhanden sind als zwischen Kreide und Tertiär. Überdies fallen gerade die wichtigsten Momente, das Überhandnehmen der Nummuliten und der Clypeastriden, nicht genau mit der Grenze der letzteren Formation zusammen.

Weit bedeutender erscheinen die Veränderungen bei den Binnenorganismen, bei den Bewohnern des Landes und des süßen Wassers. Vor allem gilt das von dem massenhaften Erscheinen der Säugetiere, deren Reste in allen Teilen der Formation bald in größerer, bald in geringerer Menge vorkommen und den hervorragendsten Charakterzug des Tertiärs der Kreideformation gegenüber bilden, die bisher, abgesehen von Spuren in der Laramiegruppe

Digitized by Google



Tertiäre Siphonostomen.

1) Fusus. 2) Nassa. 3) Murex. 4) Voluta. 5) Mitra. 6) Cassis. 7) Tritonium. 8) Cypraea. 9 u. 10) Pleurotoma. 11) Conus. (Nach M. Hörnes.)

UNIV. OF MICH.

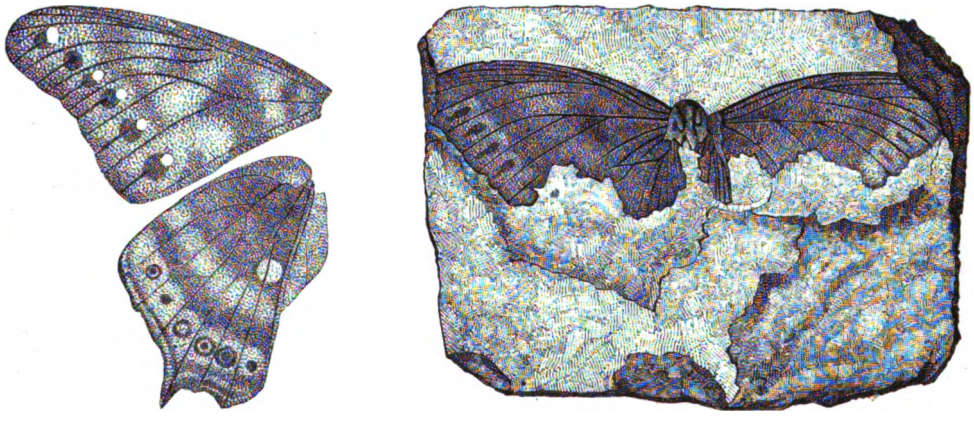
Digitized by Google

Digitized by Google

Nordamerikas, noch keine Säugetiere geliefert hat. Da wir aber zahlreiche Reste von Säugern aus dem Jura kennen, müssen sie auch in der Zwischenzeit auf irgend einem damaligen Kontinent existiert haben. Das Umsichgreifen der Säugetiere im Tertiär ist daher zunächst einer Einwanderung in die Gebiete von Europa und Nordamerika zuzuschreiben. Hier verändern sie sich mit überraschender Schnelligkeit und liefern eine fast unübersehbare Menge neuer Formen. Von geringerer Bedeutung sind die übrigen Wirbeltiere. Die Vögel, im allgemeinen Seltenheiten, haben fast alle die Zähne, womit ihre Vorfahren in der Kreideformation ausgestattet waren, verloren und nähern sich schon sehr den lebenden Formen, und ebenso ist auch bei Reptilen, Amphibien und Fischen die Annäherung an die Jetztwelt groß.

Prodryas Persephone. Aus dem Oligocän von Florissant, Colorado. (Nach Scudder.)

Auch in anderen Abteilungen der Land- und Süßwassertiere treten Verschiedenheiten gegen die Kreidezeit hervor, am meisten bei den Insekten. Diese finden sich allerdings nicht sehr verbreitet, aber an einzelnen Fundstellen in großer Menge. Die zahllosen Formen im Bernstein haben, in dem herrlichen Material eingeschlossen, die zartesten Einzelheiten erhalten. Aber auch andere Fundorte, so Öningen bei Konstanz in Baden, Radoboj in Kroatien, Aix in der Provence, Florissant in Colorado 2c., haben eine große Menge von Arten geliefert, so daß wir heute deren schon zwischen 2000 und



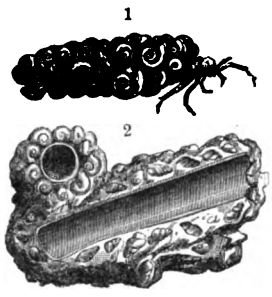
Tertiäre Schmetterlingsreste: 1) von Radoboj in Kroatien, 2) von Aix in der Provence. (Nach Scudder.)

3000 kennen; und eine große Anzahl ruht noch unbeschrieben in den Sammlungen. Alle die größeren Abteilungen der Insekten, die heute leben, kommen hier auch fossil vor. Käfer, Fliegen, Ameisen, Florfliegen, Wanzen finden sich in großer Menge, und selbst die zarten Flügel von Schmetterlingen haben sich, wenn auch nur selten mit der Farbenzeichnung, erhalten (s. obenst. Abbildungen). Ja, so seltsam es scheinen mag, in gewissen tertiären Ablagerungen treten die Insekten geradezu gesteinsbildend auf. Die Larven der Phryganiden oder Frühlingsfliegen (s. Abbildung, S. 310), die in unseren Gegenden noch jetzt verbreitet sind, leben im Wasser und bewohnen längliche, cylindrische Röhren, die aus Steinchen, kleinen Schneckengehäusen 2c. zusammengekittet sind; an mehreren Punkten hat man solche Phryganidenköcher oder Induſien fossil im Tertiär gefunden, und im Oligocän der Auvergne kommen sie in solchen Mengen aufgehäuft vor, daß sie 2—3 m mächtige Schichten von sogenanntem Induſienkalk für sich allein zusammensetzen. Es ist kaum daran zu zweifeln, daß die Insekten in der Kreideformation

Digitized by Google

und auch vorher ebenso reich entwickelt waren wie im Tertiär. Daß sie hier gerade häufiger vorkommen, hängt nur mit den im Tertiär günstigen Bedingungen der Erhaltung zusammen.

In ähnlicher Weise ist auch der viel größere Reichtum des Tertiärs an Land- und Süßwasserkonchylien aufzufassen. Von Landbewohnern dominieren wie in der Jetztzeit die gewöhnlichen Lungenschnecken, darunter Helix, Bulimus, Clausilia ꝛc.; neben ihnen treten auch mancherlei Arten der deckeltragenden Cyclostomiden (s. Abbildung, S. 311, oben) auf. Im süßen Wasser finden sich zahlreiche Muscheln aus den Gruppen der Teich- und Flußmuscheln (Unio und Anodonta), dann Cyrenen, Pisidien ꝛc. sowie zahlreiche Schnecken, die teils zu den Lungenschnecken oder Pulmonaten (s. Abbild., S. 311, unten), teils zu den durch Kiemen atmenden Prosobranchiaten gehören. Unter jenen finden wir zahlreiche Teichschnecken (Limnäen) nebst ihren Verwandten, den links gewundenen Physa-Arten, die namentlich im älteren Tertiär außerordentlich groß sind, ferner die flachen Planorben und die kleinen, napfartigen Ancylus. Weit formenreicher und mannigfaltiger sind die Prosobranchiaten mit ihren überaus wechselnden und teilweise reichverzierten Gehäusen; die Melanien, die verwirrende Formenfülle der Melanopsiden (s. Abbildung, S. 399), die Sumpfschnecken oder Paludinen (s. Abbildungen, S. 16 und 312) und eine Menge kleiner, zierlicher Gattungen bilden hier einen der interessantesten Teile der tertiären Molluskenfauna, wichtig namentlich durch die große Variabilität der einzelnen Typen, durch die Möglichkeit, allmählich abändernde Formenreihen zu verfolgen, und durch die zoogeographischen Beziehungen der einzelnen Vorkommnisse. In den älteren Tertiärbildungen kommen zahlreiche Formen vor, die heute in verschiedenen tropischen Ländern, in Indien, Afrika, Brasilien ꝛc., leben; solche hingegen, die jetzt in Europa ihre nächsten Verwandten finden, mehren sich erst im jüngeren Tertiär, und zu ihnen gesellen sich hier chinesische und nordamerikanische Typen in auffallender Menge.



1) Lebende Phryganidenlarve in ihrem aus Schneckenschalen gebauten Köcher; 2) Infusienkalk, aus dem jüngeren Tertiär der Auvergne. (Nach Lyell.) Vgl. Text, S. 309.

Die Flora des unteren Tertiärs ist der Kreideflora nahe verwandt; ja, bei manchen Formen ist kein Unterschied zwischen eocänen und cretacischen Exemplaren zu finden; ihre Verhältnisse werden unten eingehender besprochen werden.

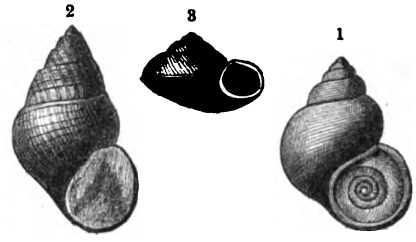
Eine Zonengliederung wie im Jura konnte im Tertiär noch nicht durchgeführt werden; immerhin wird ein Vergleich mit jenem den besten Anhaltspunkt zur Beurteilung des chronologischen Wertes unserer Formation geben. Im Jura wechselt die Ammonitenfauna oftmals vollständig; da sich aber diese Abteilung rasch zu verändern scheint, so müssen wir uns an die Muscheln und Schnecken halten, denen fast die ganze Molluskenfauna des Tertiärs angehört. Im oberen Jura haben die höchsten Schichten, z. B. die Kalke von Stramberg, nicht eine Art mit den tiefsten Ablagerungen der Oxfordstufe gemein; wenige Formen erstrecken sich durch den größeren Teil des Abschnitts von Beginn der Oxfordstufe bis zum Ende des Jura, sehr viele durchleben etwa deren Hälfte. Wir finden also hier ganz ähnliche Verhältnisse wie im Tertiär und können also dieses mit Einschluß des Diluviums und der Jetztzeit nach dem Grade der Veränderung der Fauna als dem oberen Jura annähernd gleichwertig betrachten.

Es ist das ein Ergebnis von großer Bedeutung; denn die Dauer der Tertiärzeit ist vielfach sehr überschätzt worden. Hat doch ein ausgezeichneter Geolog die Ansicht ausgesprochen, daß diese etwa ein Viertel des ganzen Zeitraums einnehme, der seit Beginn der ältesten fossilführenden Ablagerungen, der kambrischen Formation, verflossen ist. Eine solche Auffassung

Digitized by Google

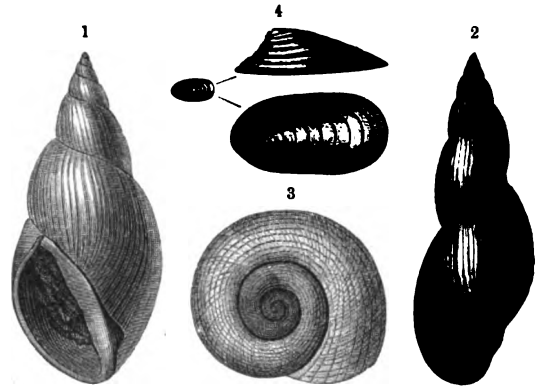
ist durchaus falsch. Das Tertiär umfaßt eine Zeitspanne, die zwar, nach unserem Maßstab gemessen, ungeheuer lang ist und wahrscheinlich Millionen von Jahren umfaßt, aber im Vergleich mit den meisten anderen Formationen als verhältnismäßig kurz bezeichnet werden darf.

Die Verhältniszahl der ausgestorbenen zu den jetzt noch lebenden Konchylienarten in den verschiedenen Horizonten hat auch die Anhaltspunkte für die erste allgemeine Gliederung der Tertiärformation gegeben. Auf rein geologischem Wege, durch Beobachtung der Schichten und ihrer Lagerung, kam man anfangs nicht weit, da kein Punkt bekannt war, wo eine umfassendere Reihe von Tertiärbildungen übereinander lag; man erreichte jedoch das Ziel durch eine indirekte Methode, den Vergleich der Konchylien. Die paläontologische Untersuchung ergab, daß in manchen Tertiärablagerungen eine größere, in anderen eine kleinere Zahl von Arten auftritt, die mit jetzt lebenden Formen gänzlich übereinstimmen oder ihnen sehr nahestehen.



Tertiäre Cyclostomiden: 1) Cyclostoma bisulcatum mit dem Deckel, aus dem Miocän; 2) Megalomastoma infranummuliticum, aus den Cosinaschichten; 3) Strophostoma tricarinatum, aus dem Miocän. (Nach Sandberger.) Vgl. Text, S. 310.

Bald aber zeigte es sich deutlich, daß diese modernen Typen an verschiedenen Punkten ungleich verteilt sind: in den Ablagerungen des Pariser und Londoner Beckens in geringer Menge, in namhaft größerer Zahl in der Touraine und bei Bordeaux, am häufigsten aber in Oberitalien bei Asti und an den anderen Fundorten der Subapenninbildungen sowie in den als Crag bezeichneten Schichten in England. Deshayes schrieb in seinen Verzeichnissen diese Abweichungen dem verschiedenen geologischen Alter zu, indem er die Ablagerungen, bei denen die wenigsten jetzt lebenden Arten vorkommen, als die ältesten erklärte und die übrigen nach dem zunehmenden Prozentsatz dieser rezenten Typen aneinander reihte. Lyell schlug nun eine Einteilung des Tertiärs vor, die in ihren einzelnen Abteilungen wie deren Namen auf das Vorkommen der noch jetzt lebenden Arten gegründet ist. Es wurde auf diese Art unterschieden:



Tertiäre Süßwasserpulmonaten: 1) Physa gigantea, aus dem Eocän; 2) Limnaeus longiscatus, aus dem Eocän; 3) Planorbis cornu, aus dem Miocän; 4) Ancylus illyricus, aus dem Miocän. (Nach Sandberger.) Vgl. Text, S. 310.

3) Pliocän[1], mit etwa 52 Prozent noch lebender Arten (Crag in England, Subapenninbildungen in Italien).

2) Miocän, mit etwa 19 Prozent lebender Arten (Faluns[2] der Touraine und von Bordeaux).

1) Eocän, mit etwa 3 Prozent lebender Arten (Hauptmasse der Ablagerungen des Londoner und Pariser Beckens).

Spätere Untersuchungen konnten unmittelbar nachweisen, daß die Reihenfolge der Ablagerungen so sei, wie Lyells Schema sie angibt, obwohl ihm, wie jedem ersten Versuch, manche

[1] Eocän, vom griechischen ἔως (eos), die Morgenröte, und καινός (kainos), neu. Miocän, von μείων (meion), weniger. Pliocän, von πλείων (pleion), mehr. Oligocän, von ὀλίγος (oligos), wenig.

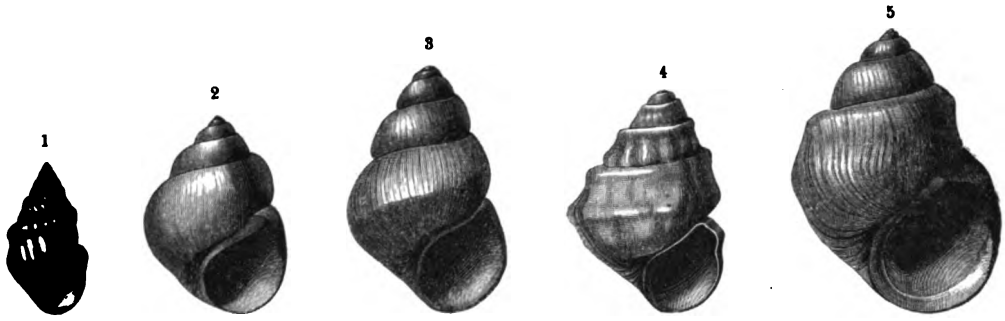
[2] Faluns heißen in Frankreich gewisse wenig ausgedehnte Ablagerungen von fossilreichem Sande.

Digitized by Google

Unvollkommenheiten ankleben. In erster Linie erwies es sich als ein Mangel, daß für weit ausgebreitete und wichtige Ablagerungen, die im Alter zwischen Eocän und Miocän stehen, kein Raum in diesem System vorhanden ist. Für diese Bildungen wurde später von Beyrich der Name Oligocän eingeführt, so daß sich jetzt das Tertiär in folgender Weise gliedert:

B. Oberes Tertiär (Neogen). 2) Pliocän. 1) Miocän.
A. Unteres Tertiär (Paläogen). 2) Oligocän. 1) Eocän.

Wie in der Ausführung im einzelnen, so zeigte es sich auch, daß das Prinzip von Lyell und Deshayes, wenn auch im Grundgedanken richtig, doch im besonderen Schwächen zeigt. Das Resultat wäre nur dann zutreffend, wenn wir die ganze Marinfauna kennten, die jeweilig gelebt hat. Da wir aber immer nur die Reste einzelner Lokalitäten miteinander vergleichen können, so können wir immer durch örtliche Eigentümlichkeiten irre geleitet werden. Es kann sich z. B. in einem Binnenmeer eine selbständige Bevölkerung entwickeln, dieses Binnenmeer wird später trocken gelegt, und alle ihm eigentümlichen Formen sterben infolgedessen aus: die Ablagerungen aus ihm sollten demnach dem ältesten Eocän zugerechnet werden, sind aber vielleicht in Wirklichkeit



1) Tylopoma avellana; 2) Paludina Fuchsi; 3) Paludina Herbichi; 4) Paludina (Tulotoma) Sturi; 5) Paludina (Campeloma) Pilari. Aus dem mittleren Pliocän Slawoniens und Siebenbürgens. Vgl. Text, S. 310.

viel jünger. Dieser Fall liegt uns in der That vor; zur Zeit des obersten Miocän entwickelte sich in Osteuropa und Westasien ein marines Binnenbecken, das sich von Wien bis an den Aralsee und vielleicht noch weiter nach Osten erstreckte. Die Ablagerungen dieses Meeres enthalten an vielen Orten in ungeheurer Individuenmenge eine ziemlich artenarme Fauna, die ganz von ausgestorbenen Formen zusammengesetzt wird, während die gleichzeitigen Bildungen des offenen Meeres zahlreiche noch lebende Arten besitzen.

Überdies ist die Prozentzahl der noch lebenden Arten eine Größe, die kaum sicher festzustellen ist. Ganz abgesehen davon, daß jeder neue Fund das Verhältnis verschieben kann, daß sich z. B. eine Strandbildung anders verhält als eine gleichzeitige Ablagerung aus tiefer See, ganz abgesehen von diesen und ähnlichen Schwierigkeiten, liegt ein unüberwindliches Hindernis darin, daß verschiedene Paläontologen bei der Bestimmung stets zu verschiedenen Resultaten gelangen und sich bezüglich mancher Vorkommnisse kaum je vollständig darüber werden einigen können, welche Arten mit den jetzt lebenden genug übereinstimmen, um mit ihnen identifiziert werden zu können. So kommt es, daß die ursprünglich von Lyell angegebenen Zahlen nicht mehr aufrecht erhalten werden können; für das Miocän müßte man heute nicht 19 Prozent, sondern 10—40 Prozent, für das Pliocän, statt 52 Prozent, etwa 40—90 Prozent noch jetzt lebender Arten annehmen. Solche Schwierigkeiten werden uns aber selbstverständlich nicht veranlassen, die natürliche Einteilung in Pliocän, Miocän ꝛc. aufzugeben, sondern wir werden sie nur gewissen notwendigen Änderungen unterziehen. Die Namen einer neuen Klassifikation in zwölf Stufen, wie Parisien, Tortonien, Astien, sind weder historisch begründet, noch prägen sie sich dem Gedächtnis leicht ein.

Digitized by Google

Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän werden wieder in Unterabteilungen zerlegt, die innerhalb Europas weithin verfolgt werden können; daneben werden örtlich noch eine bedeutende Anzahl kleinerer Horizonte und verschiedener Faciesgebilde unterschieden. Im Tertiär wird es viel schwieriger, eine allgemein anwendbare Gliederung durchzuführen, als das in den früheren Formationen der Fall war. Der Grund dafür liegt vermutlich darin, daß wir hier fast gar keine Ablagerungen aus tiefem küstenfernen Wasser kennen, deren Fauna von Schwankungen der Faciesentwickelung wenig beeinflußt wird und durch große geographische Verbreitung ihrer Arten ausgezeichnet zu sein pflegt. Statt dessen finden wir massenhafte Bildungen des seichten Wassers, die oft auf kurze Strecken ihren Charakter ändern, deren Tierformen geringe geographische Verbreitung besitzen. Dazu gesellen sich zahlreiche Ablagerungen aus brackischem und süßem Wasser, die in noch weit höherem Maße lokalen Charakter tragen. So löst sich die Gesamtgeschichte in eine Anzahl von Lokalentwickelungen auf, aus denen oft nur schwer das Gemeinsame herausgefunden werden kann. Wir werden nur bei den Gegenständen verweilen, die für die Herausbildung der heutigen Verhältnisse aus den früheren von Bedeutung sind. Namentlich die Entstehung der heutigen Umrisse von Europa und, soweit wie möglich, auch der anderen Festländer, die geographische Verbreitung der Tier- und Pflanzenwelt und die Abstammung und Verwandtschaftsverhältnisse unserer Säugetiere sind solche Punkte von allgemeinerem Interesse.

Tertiäre Beuteltiere.

Weitaus am wichtigsten unter allen Fossilresten der Tertiärzeit sind die Überbleibsel der Säugetiere, die uns an zahlreichen Punkten in großer Anzahl entgegentreten. An die Untersuchung der Abstammung der jetzigen Formen von ihren tertiären Vorfahren knüpft sich natürlich ein besonderes Interesse. Gerade auf diesem Gebiet hat sich den Paläontologen die Notwendigkeit aufgedrängt, die Stammverwandtschaft der einzelnen Typen sorgfältig zu erforschen.

Zwei Hindernisse besonders schließen eine leichte Lösung der hier vorliegenden Probleme aus. Erstens kennen wir nur wenige annähernd vollständige Skelette: an sich zwar viele wichtige Knochenteile, aber von der großen Mehrzahl nur einzelne Zähne, Kieferfragmente oder andere isolierte Bruchstücke. Zweitens besitzen wir mit Ausnahme eines Plagiaulax-Zähnchens aus dem englischen Wealden und einiger Funde aus der nordamerikanischen Laramiegruppe aus der ganzen Kreideformation noch keine Säugetierreste. Die Hoffnungen, die man auf die Laramiefunde ursprünglich gesetzt hat, sind nicht in Erfüllung gegangen. Statt der Vorfahren der Huftiere, Raubtiere, Nagetiere und der anderen placentalen Ordnungen fand man nur Nachzügler der jurassischen Fauna, unscheinbare Formen, die sich sämtlich an jurassische Typen anschließen.

Man betrachtete früher die Beuteltiere ziemlich allgemein als direkte Vorfahren der höheren Säugetiere, als Bindeglied zwischen diesen und den tiefststehenden Säugern, dem Schnabeltier (Ornithorhynchus) und dem Ameisenigel (Echidna). Auch heute findet diese Anschauung noch ihre Vertreter. Viel wahrscheinlicher aber bilden die Beuteltiere und die Placentaltiere selbständige Zweige eines gemeinsamen Urstammes, wie dies zuerst Huxley dargelegt hat. Diesen Ursäugern würden die Kloakentiere, das Schnabeltier und der Ameisenigel, und die Multituberculaten nahestehen. Über die Entwickelung des Multituberculatenzweiges wissen wir nur wenig; ebenso ist die Geschichte der Beuteltiere in vielen Punkten noch dunkel. Wenn wir deren Entwickelung verstehen wollen, müssen wir vor allem ihre heutige Verbreitung ins Auge fassen. Die große Mehrzahl aller Beuteltiere ist jetzt auf die australische Region, auf Neuholland, Tasmanien, Neuguinea und einige benachbarte Inseln, beschränkt, und nur die kleine Familie der

Digitized by Google

Opossums oder Beutelratten (Didelphys) findet sich in Amerika. Dagegen fehlen in Australien alle höheren Säugetiere, ausgenommen einige Typen, die durch den menschlichen Verkehr eingeschleppt worden sind, wie Mäuse, Ratten und der wilde Hund oder Dingo, der verwilderte Nachkomme eines Haushundes, und ausgenommen solche Formen, die Australien fliegend oder schwimmend erreichen konnten, wie Fledermäuse und die Seehunde der Küsten. Da man nun in früherer Zeit die Säuger des Jura hauptsächlich für Beuteltiere hielt und ihnen australisches Gepräge zuschrieb, so mußte die Trennung Australiens vom asiatischen Festland noch in mesozoischer Zeit stattgefunden haben, mußte seine Fauna seitdem von der der übrigen Erde isoliert gewesen sein. Australiens gegenwärtige Fauna sollte uns gewissermaßen die Verhältnisse der jurassischen Formation widerspiegeln.

Nun geht zwar die frühzeitige Abtrennung Australiens vom asiatischen Festland aus dem Mangel höherer Säugetiere bestimmt hervor, alle weiteren Schlußfolgerungen können aber nicht mehr aufrecht erhalten werden. Nur wenige Formen, wie die Dasyuriden, Myrmecobius, Parameles und, wenn sie wirklich mit den mesozoischen Plagiaulaciden zusammenhängen, auch der lebende Hypsiprymnus und der pleistocäne Thylacoleo, können als Nachkommen alter Typen gelten. Die meisten übrigen Diprotodontier stehen ohne Anknüpfung da, und ihre Reste finden sich fossil erst im Pleistocän. Man möchte aus diesem Umstande lieber auf eine jugendliche Einwanderung dieser Formen schließen.

Wir müssen uns also diese Verhältnisse gegenwärtig anders zurechtlegen. „Die Beuteltiere blieben auf Australien und Südamerika fast beschränkt; nur die südamerikanischen Didelphyiden haben Wanderzüge nach Nordamerika und Europa unternommen, wurden aber durch die Konkurrenz mit den höheren Säugetieren am Aufkommen gehindert und starben in Europa bald wieder aus. Niemals ist ein känguruhähnliches oder spezifisch australisches Beuteltier im fossilen Zustand außerhalb Australiens gefunden, mit Ausnahme der Dasyuriden (Beutelmarder), die im Eocän in Patagonien auftauchen, niemals ein Didelphyide in Australien eingewandert. Die Heimat der entwickelungsfähigen nachjurassischen Beuteltiere muß demnach weiter südlich liegen und ist auf dem antarktischen Festland zu suchen; in getrennten Wanderzügen erreichten sie von hier aus Australien und Südamerika, und nur die Dasyuriden sind in beide Kontinente eingewandert. Eine Verbindung mit Afrika, das schon zur Triaszeit von den Multituberculaten bewohnt wurde, war nicht mehr möglich, als diese Wanderungen vor sich gingen, ebensowenig mit Neuseeland. In Australien gewannen die Beuteltiere eine Heimat, die ihnen die verschiedensten Lebensbedingungen bot, und da kein Platz von anderen Säugetieren besetzt war, teilten sie sich in ähnlicher Weise in das Reich, wie es jene in den anderen Kontinenten thaten. Es entstanden Fleischfresser, Insektenfresser und Pflanzenfresser, und die Anpassung an ähnliche Bedingungen führte zu oft überraschenden Analogien oder Konvergenzen, die mit phylogenetischer Verwandtschaft nichts zu thun haben, wenn sie auch von manchen noch heute so gedeutet werden.

„In Südamerika lagen die Verhältnisse für die eindringenden Beuteltiere weniger günstig. Hier trafen sie schon im Alteocän mit den Ahnen der placentalen Säugetiere zusammen; dennoch erhielten sich die Didelphyiden bis in die Gegenwart und spielen noch heute ihre Rolle. Dazu trug jedenfalls die eigenartige Entwickelung der südamerikanischen Tierwelt bei, viele Entwickelungsreihen blieben nach raschem Anlauf zurück und starben aus, die kräftiger veranlagten erkämpften sich den Weg nach Norden und erlebten dort die Zeit ihrer Entwickelung, und neben den schwerfälligen Pflanzenfressern und Edentaten vermochten die kleinen behenden Räuber ihren Platz wohl zu wahren. Die andere Gruppe der Dasyuriden ging dagegen zu Grunde." (E. Koken.)

Die Beutelratten, die als amerikanische Kolonisten besonders in der älteren Tertiärzeit nach Europa gelangt sind, werden von manchen Paläontologen zu der noch jetzt lebenden Gattung

Digitized by Google

Didelphys gerechnet; von anderen hingegen wird für sie die Gattung Peratherium aufgestellt, die von jener jedenfalls nur wenig verschieden ist.

An die Entdeckung der ersten fossilen Beutelratten im Tertiär Europas knüpft sich ein besonderes Interesse insofern, als dabei die neuen paläontologischen Methoden die Feuerprobe bestanden. Cuvier unternahm zuerst die Deutung der Säugetierreste, die in den oligocänen Gipslagern des Montmatre in Paris vorkommen. Da man hier in der Regel einzelne Knochen der verschiedensten Tiere findet, so kam es darauf an, festzustellen, welche Teile zusammengehören; und um darüber zu entscheiden, stützte sich Cuvier auf seine genaue Kenntnis des Baues lebender Tiere. Bei diesen hatte er eine gewisse Gesetzmäßigkeit des Baues gefunden, z. B., daß mit bestimmten Eigentümlichkeiten des Gebisses bestimmte Merkmale der Füße verbunden sind, in Korrelation stehen. Zwar ging Cuvier in seinem Vertrauen auf diese Gesetzmäßigkeit etwas zu weit, und es hätte unter Umständen auch ein Irrtum unterlaufen können. Jedenfalls aber bewährten

Didelphys Parisiensis, das von Cuvier untersuchte Exemplar einer Beutelratte aus dem unteroligocänen Gips des Montmartre bei Paris: m die Beutelknochen. (Nach Gaudry.)

sich die Gesetze der Korrelation bei der Untersuchung der Gipstiere aufs beste, wie sie denn überhaupt in der Mehrzahl der Fälle Gültigkeit haben und bei Kritik und Vorsicht die Grundlage jeder rationellen paläontologischen Untersuchung bilden. Anfangs jedoch begegnete diese Methode vielen Zweifeln und ernstem Mißtrauen, und Cuvier beschloß daher, bei günstiger Gelegenheit seine Anschauungen dadurch einer öffentlichen Probe zu unterziehen, daß er die Beschaffenheit der noch von Stein umhüllten Teile eines Tieres nach den sichtbaren Partien vorhersagte. Bald wurde ihm ein Block aus den Steinbrüchen des Montmartre gebracht, auf dem nur der vordere Teil des Skeletts eines kleinen Tieres sichtbar war, während das Hinterteil offenbar noch unversehrt im Gestein steckte. Die Untersuchung der Zähne ergab, daß eine Beutelratte vorliege, also eine Form, von der nie auch nur eine Spur in Europa gefunden worden war, und Cuvier sagte voraus, daß sich am Becken des Tieres die charakteristischen Beutelknochen finden müßten. Vor Zoologen und anderen Sachverständigen, einer Art von Gelehrtenkommission, präparierte er mit Hammer und Meißel die Beutelknochen (s. obenstehende Abbildung) aus dem Gestein heraus. Dieser Fall erregte außerordentliches Aufsehen und widerlegte glänzend die Zweifel, die an der Berechtigung der paläontologischen Methode erhoben worden waren.

Digitized by Google

Entwickelung der Placentaltiere.

Die höher organisierten Säugetiere oder Placentaltiere, bei denen im Embryonalleben eine Placenta vorhanden ist, die Jungen reifer als bei den Beuteltieren zur Welt kommen und nicht wie bei diesen nach der Geburt einige Zeit in einer Tasche am Unterleibe des Weibchens getragen werden, zerfallen in Abteilungen, deren man jetzt gewöhnlich die folgenden unterscheidet:

1. Cetaceen (Wale, Delphine).
2. Edentaten (Faultiere, Gürteltiere, Schuppentiere ꝛc.).
3. Nagetiere (Hasen, Mäuse, Eichhörnchen, Stachelschweine).
4. Insektenfresser (Igel, Spitzmäuse, Maulwürfe ꝛc.).
5. Fledermäuse.
6. Raubtiere (Hunde, Bären, Marder, Hyänen, Katzen, Seehunde ꝛc.).
7. Hyrakoide (Klippdachs).
8. Huftiere (Ungulaten).
   a) Unpaarhufer oder Perissodaktylier (Pferd, Tapir, Rhinozeros).
   b) Paarhufer oder Artiodaktylier (Schweine, Wiederkäuer).
   c) Sirenen (Seekühe).
9. Rüsseltiere oder Proboscidier (Elefanten).
10. Halbaffen oder Lemuren.
11. Primaten (Affen und Mensch).

Obwohl man bei der Untersuchung der europäischen Tertiärablagerungen eine große Anzahl neuer Gattungen und Arten, selbst neue Familien fand, ließen sich diese doch mit wenigen Ausnahmen ohne Schwierigkeit in die eine oder die andere der genannten Ordnungen einreihen. Als aber die reichen Fundstätten in Nebraska, Wyoming, Colorado, Neumexiko und anderen Territorien zwischen dem Mississippi im Osten und der Sierra Nevada im Westen entdeckt wurden, änderte sich das Verhältnis. Hier tauchen Formen auf, die trotz aller Analogie von heutigen Tieren doch in wichtigen Merkmalen abweichen, teils neue Gruppen bilden, teils scheinbar durchaus getrennte Abteilungen miteinander in Verbindung bringen.

Vergleichen wir die Gesamtheit der geologisch alten Placentaltiere mit den Formen des Diluviums und der Jetztzeit, so finden wir, daß die Unterschiede, die die modernen Formen voneinander trennen, wichtiger sind und tiefer eingreifen, als das im älteren Tertiär der Fall war, daß die Differenzierung also bedeutende Fortschritte gemacht hat. Vor allem sind es drei Teile des Körpers, die die weitgehendsten Umgestaltungen erleiden: Gehirn, Gebiß und Füße. Keines dieser Organsysteme konnte sehr verändert werden, ohne daß mittelbar auch andere Teile dadurch berührt worden wären. Werden z. B. die Zähne geformt, um eine härtere, schwerer zu zerkleinernde Nahrung zu bewältigen, so muß auch eine Verstärkung der Kaumuskulatur eintreten, die die zur Anwendung dieser vollkommeneren Beißinstrumente erforderliche Kraft zu entwickeln vermag. Diese Verstärkung der Muskulatur wird wieder die Gestalt des Schädels beeinflussen, indem daran die Ansatzstellen für die Kaumuskulatur und die einzelnen Knochen, die diese tragen, kräftiger ausgebildet werden. Ebenso werden sich mit einer Verstärkung des Gebisses auch die Ober- und Unterkiefer vergrößern, und deren wachsender Umfang muß die übrigen Teile des Schädels beeinflussen. Dies kann in zahlreichen Fällen nachgewiesen werden. Die Veränderung der Nahrung wird aber auch auf die Verdauungsorgane einwirken. Sie wird unter Umständen die Lebensweise vollständig umgestalten und damit auch den Bau der Füße beeinflussen, indem diese zum Laufen, Graben, Klettern eingerichtet werden.

Das Gehirn selbst ist natürlich bei fossilen Formen nie erhalten. Allein seinen Umriß, oft auch gewisse Einzelheiten des Baues kann man nach den inneren künstlichen oder natürlichen Ausgüssen der Schädelhöhle beurteilen. Bei allen geologisch alten Säugetieren ist das Gehirn verhältnismäßig klein (s. Abbildung, S. 317, Fig. 1 und 2), bei einzelnen kaum größer entwickelt als bei manchen Reptilen. Bei den riesigen Dinoceraten, nahezu elefantengroßen Tieren des amerikanischen Eocäns, ist der Umfang so gering, daß man es durch den Rückenmarkskanal

Digitized by Google

durchziehen könnte. Betrachten wir das Gehirn des Menschen, so sehen wir, daß das sogenannte große Gehirn, der Sitz der geistigen Fähigkeiten, alle anderen Teile an Größe übertrifft, aus zahlreichen Windungen zusammengesetzt und so ausgebreitet ist, daß es ganz das kleine Gehirn bedeckt, während sich dieses seinerseits über der Fortsetzung des Rückenmarks im Schädel, über das verlängerte Rückenmark (Medulla oblongata), ausbreitet. Bei den anderen modernen Säugetieren ist das Gehirn nicht so hoch entwickelt, die Zahl der Windungen des großen Gehirns ist geringer, es übertrifft das kleine Gehirn nicht mehr so sehr an Größe und bedeckt nur noch einen Teil davon. Noch tiefer stehen die geologisch alten Formen des Eocäns. Bei diesen sind Windungen des Gehirns nur sehr schwach entwickelt; das Großhirn ist so klein, daß es nicht mehr über das kleine Gehirn weggreift. Ja, es treten noch andere Teile an die Oberfläche, die bei den höheren Formen

Schädel von Pferd und Coryphodon im Umriß mit eingezeichnetem Gehirn: 1) das Pferd, ein junger Typus mit ausgebildetem Gehirn; 2) Coryphodon, eine alte Form mit sehr unentwickeltem und kleinem Gehirn. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 316. 3) Gehirn von Provivorra.

ganz gedeckt werden. Den vordersten Teil des Gehirns bilden hier die Riechlappen (Lobi olfactorii), von denen die Geruchsnerven ausgehen; beim Menschen liegen diese weit nach rückwärts unter dem Großhirn. Auf die Riechlappen folgt das schwach entwickelte und fast glatte Großhirn, dann das kleine Gehirn; zwischen beiden ist aber oft noch Raum gelassen, so daß das Mittel- und Zwischenhirn und namentlich die Sehlappen (Lobi optici) von obenher sichtbar sind. Hinter dem kleinen Gehirn liegt dann das verlängerte Rückenmark (s. obenstehende Abbildung, Fig. 3).

Dieser Typus der Gehirnentwickelung, den geologisch ältesten Placentaltieren wie den Beuteltieren gemein, setzt sich mit gewissen unerheblichen Abänderungen auch bei einigen Gruppen der Placentaltiere bis in die Jetztzeit fort. Insektenfresser, Nagetiere, Fledermäuse, Edentaten (Faultiere, Gürteltiere und ihre Verwandten) und Halbaffen haben auch heute noch wenig ausgebildetes Großhirn mit sehr unentwickelten Windungen, während bei Raubtieren, Huftieren, Elefanten und Affen das Gehirn als Ganzes größer ist und das besser gewundene Großhirn mehr in den Vordergrund tritt. Die zuerst genannten Abteilungen sind also in der Entwickelung des Gehirns seit Beginn des Tertiärs stehen geblieben, während die zuletzt genannten Typen und noch mehr der Mensch die fortschreitende Ausbildung des Gehirns repräsentieren.

Digitized by Google

Von noch größerer Bedeutung als die Änderungen des Gehirns sind für den Paläontologen die des Gebisses, dessen Merkmale leicht faßbar, dessen Teile häufig brauchbar erhalten sind. Die Zähne der Wirbeltiere entwickeln sich, wie die embryologischen Untersuchungen lehren, aus Wucherungen von Hautgebilden im Inneren des Mundes, die z. B. von den Chagrinkörnern in der Haut der Haifische nicht wesentlich verschieden sind; sie verkalken und verbinden sich dann mit verschiedenen Knochen des Schädels. Bei manchen niedrigeren Wirbeltieren finden sich außer im Ober- und Unterkiefer noch Zähne an den verschiedenen Teilen der Mund- und Rachenhöhle, bei den Säugetieren sind sie auf die Kiefer beschränkt und an diesen in besonderen Gruben, den Alveolen, mit ihren Wurzeln eingekeilt, eine Befestigungsart, die allerdings bei den Delphinen und ihren Verwandten nur unvollkommen ausgebildet ist. Ein normal entwickelter Zahn besteht aus zwei verschiedenen Substanzen, der Zahnsubstanz oder dem Zahnbein (Dentin) und dem Schmelz oder Email. Jene macht die Hauptmasse des Zahnes und namentlich dessen Wurzel aus und nähert sich in ihrer Beschaffenheit der gewöhnlichen Knochensubstanz, unterscheidet sich aber von dieser dadurch, daß sie statt der mikroskopischen verästelten Kanälchen der Knochen zarte parallele Röhrchen enthält. Der Schmelz, das härteste Gebilde des tierischen Organismus, überkleidet den Dentinkörper des Zahnes äußerlich wie eine Kappe oder dringt in mehrfachen Falten in dessen Inneres ein (schmelzfaltige Zähne); dann lagert sich zwischen die Schmelzfalten sehr oft noch eine dritte Substanz, das dem Dentin ähnliche, aber weichere Zahnzement (zusammengesetzte Zähne), ein. Nur bei den Edentaten mit ihrem außerordentlich verkümmerten Gebiß bestehen die Zähne ausschließlich aus Dentin.

Einzelne Säugetiere haben gar keine Zähne, wie die Schnabeltiere, die Ameisenigel, Bartenwale und Ameisenfresser; bei einigen anderen sind nur einige wenige stark entwickelte Zähne oder nur einer vorhanden, z. B. beim Narwal; andere haben unvollkommen und gleichmäßig entwickelte Zähne in großer Zahl, wie manche Gürteltiere und die Delphine. Bei der großen Mehrzahl der Säugetiere ist aber die Zahl der Zähne beschränkt und gesetzmäßig, und sie gliedern sich nach Form und Stellung in verschiedene Gruppen, deren Unterscheidung wichtig ist.

Die Hauptgrundzüge dieser Gliederung in Schneidezähne oder Incisiven, in Eckzähne oder Caninen und in Backenzähne oder Molaren sind allgemein bekannt. Im vorderen Teile der Kiefer befinden sich die in der Regel meißelförmigen Schneidezähne; im Oberkiefer, der aus dem eigentlichen Oberkiefer und dem vorn gelegenen Zwischenkiefer besteht, gehören die Schneidezähne ganz dem Zwischenkiefer an. Dann folgen die Eckzähne, meist kegelförmig oder hakenförmig gekrümmt, spitz, oft durch ihre Größe hervortretend und dann als gewaltige Waffen dienend, in jedem Kieferast nur einer. Weiter rückwärts erscheinen die Backenzähne, meist mit mehrfachen Wurzeln ausgestattet, speziell zur Zerkleinerung der Nahrung bestimmt und darum äußerst mannigfaltig gebaut, je nach der pflanzlichen oder tierischen Nahrung. Auch in den Backenzähnen lassen sich wieder bedeutende Unterschiede festhalten: die vorderen unter ihnen sind in der Regel schwächer und weniger kompliziert gebaut als die nach rückwärts gelegenen. Jene werden als unechte Backenzähne oder Prämolaren von den echten hinteren Backenzähnen oder Molaren unterschieden. Bei den meisten Säugetieren tritt in der Jugend das Milchgebiß aus Schneidezähnen, Eckzähnen und Prämolaren auf; dies fällt im Laufe des Wachstums aus, und an seine Stelle kommen die endgültigen Schneidezähne, Eckzähne und Prämolaren und auch die echten Molaren, die also im Gegensatz zu den Prämolaren nur einmal erscheinen.

So scharf diese Scheidung zwischen Prämolaren und Molaren zu sein scheint, so greift sie doch nicht durch, da manche Säugetiere gar keinen oder nur einen unvollkommenen Zahnwechsel besitzen. Jenes ist bei den Zahnwalen und Edentaten, dieses bei den Beuteltieren und manchen Nagetieren der Fall. Bei den Beuteltieren wird nur ein Prämolar in jedem Kieferast ersetzt,

Digitized by Google

der Zahnwechsel kann also hier nicht zur Unterscheidung von Prämolaren und Molaren dienen, obwohl sie sich in ihrer Form voneinander abheben. Überhaupt gehören die Erscheinungen des Zahnwechsels zu den schwierigsten Fragen im Studium der Säugetiere. Da bei manchen niedrigeren Wirbeltieren ein weit reichlicherer Zahnwechsel vorkommt als bei den Säugetieren, so ist es wahrscheinlich, daß diese den Zahnwechsel von ihren tiefer stehenden Vorfahren ererbt haben.

Zahl und Beschaffenheit der Zähne gehören zu den wichtigsten Merkmalen der Säugetiere. Darum hat man sich geeinigt, dafür kurze Formeln zu gebrauchen. Der Mensch hat die gleiche Zahl von Zähnen im Ober- und Unterkiefer: 4 Schneidezähne, 2 Eckzähne, 4 Prämolaren und 6 Molaren. Da die beiden Äste von Ober- und Unterkiefer gleich entwickelt sind, so schreibt man nur die eine Hälfte an und erhält so die Zahnformel:

$$\mathrm{i}\,\frac{2}{2},\ \mathrm{c}\,\frac{1}{1},\ \mathrm{p}\,\frac{2}{2},\ \mathrm{m}\,\frac{3}{3} = 32, \text{ oder noch kürzer } \frac{2.1.2.3}{2.1.2.3} = 32.$$

Ein reicher und wichtiger Gebißtypus, der bei vielen ausgestorbenen Formen und in der Jetztwelt bei den Schweinen, Tapiren und einzelnen Insektenfressern auftritt, ist: $\frac{3.1.4.3}{3.1.4.3} = 44$. Als Repräsentant eines unvollständigen Gebisses mag die Entwickelung bei der Mehrzahl der Wiederkäuer gelten, nämlich $\frac{0.0.3.3}{3.1.3.3} = 32$, während wir beim Biber $\frac{1.0.4}{1.0.4} = 20$ finden.

Nicht immer kommen alle Arten von Zähnen, in ihrer Zahl aber große Unterschiede vor. Vergleichen wir hierin die geologisch alten mit den jüngeren Säugetieren, so finden wir, daß bei jenen das Gebiß eine größere Anzahl von Zähnen und meist alle Arten enthält, während in den jüngeren Ablagerungen die Formen mit reduziertem Gebiß häufiger sind. Allerdings sind die Nagetiere schon früh ebenso gering bezahnt wie heute, und Cope und Marsh haben uns in den Tillodonten und Täniodonten alteocäne Formen mit sehr wenigen Zähnen kennen gelehrt. Auch die in höheren Eocänschichten auftretenden Dinoceraten besitzen ähnlichen Charakter, und selbst im Jura nähert sich **Plagiaulax** schon diesem Typus. Allein diese Formen sind, mit Ausnahme der Nagetiere, ausgestorben, und wenn wir die einzelnen Formenreihen ins Auge fassen, so können wir häufig eine Verminderung in der Zahl der Zähne nachweisen, während eine Vermehrung zwar nicht ausgeschlossen, aber doch außerordentlich selten ist. Nur das Auftreten eines vierten echten Backenzahnes bei vielen Individuen der Raubtiergattung Otocyon, des südafrikanischen Löffelfuchses, und bei überaus seltenen Exemplaren unseres Haushundes kann als Beispiel hierfür angeführt werden.

Wenn wir in den verschiedensten Abteilungen der Säugetiere, bei Raubtieren, Huftieren, Halbaffen ꝛc., die Formenreihen bis ins Eocän zurückverfolgen, so gelangen wir überall zu Typen mit der Zahnformel, die sich heute beim Schwein erhalten hat, nämlich: $\frac{3.1.4.3}{3.1.4.3} = 44$. Wir können diese geradezu als die Normalformel für die meisten Placentaltiere bezeichnen. Nur die Tillodonten und Täniodonten, ferner die Nagetiere, endlich die durchaus abnormen Wale und Edentaten weichen hiervon ab. Weit reichere Bezahnung finden wir dagegen bei einem Teile der Beuteltiere; der lebende Myrmecobius in Australien hat 52 Zähne (Formel $\frac{4.1.4.4}{3.1.5.4} = 52$), und bei einzelnen jurassischen Arten scheint die Zahl auf 68 zu steigen (s. Abbildung, S. 240).

Noch größere **Verschiedenheiten als in der Zahl sind in der Form und im Baue der Zähne der Säugetiere** vorhanden. Auch hier sind die geologisch jüngeren Formen durch weit mannigfaltigere und großenteils auch durch kompliziertere Entwickelung ausgezeichnet. Abgesehen von den keinen Vergleich erlaubenden Dentinstummeln der Gürteltiere und den ebenfalls auf größte Einfachheit reduzierten Zähnen der Delphine sind die Unterschiede zwischen den

Digitized by Google

überaus verwickelt gebauten Zähnen eines Pferdes, eines Rindes oder Elefanten und der einfachen Bildung eines Tapirs, selbst innerhalb einer und derselben größeren Abteilung der Säugetiere, so groß, daß man kaum darin einen gemeinsamen Grundtypus erkennen kann. Trotzdem haben die emsigen Untersuchungen der Paläontologen einen solchen nachgewiesen; alle diese weit voneinander abweichenden Ausbildungsarten sind im Lauf der Zeit durch die Anpassung an verschiedene Arten der Ernährung entstanden.

Um reine Pflanzennahrung zu zerkleinern, bedarf es weit angestrengterer Kauthätigkeit als bei Fleischnahrung oder gemischter Kost: Gras, Blätter, Zweige, Wurzelwerk müssen sorgsam zerrieben werden. Da außerdem mit diesen häufig genug auch Erd- und Sandteile in den Mund geraten, so werden die Zähne stark abgenutzt, und man darf daher aus dem Vorhandensein stark abgekauter Zähne meist schließen, daß deren Träger ganz oder vorwiegend Pflanzenfresser ist. Bei solchen Tieren muß demnach, wenn sie nicht im Kampfe ums Dasein untergehen sollen, das Gebiß so beschaffen sein, daß entweder der Abnutzung möglichster Widerstand entgegengesetzt, oder ein Ersatz für den Verlust geboten wird, während bei einem Raubtier oder Insektenfresser in der Regel eine andere Entwickelung Platz greifen wird.

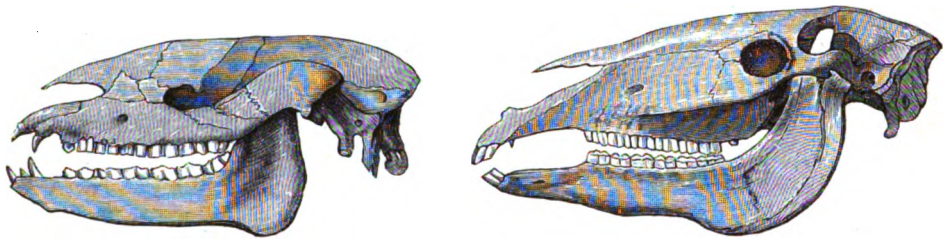
Eine Art des Ersatzes für den Verlust durch Abnutzung finden wir in fortwährend wachsenden Zähnen mit offener Wurzel. Bei den meisten Säugetieren sind die Zähne unten durch Wurzeln geschlossen, und ein Nachwachsen findet nicht statt. Bei manchen Formen aber ist die Nerven und Gefäße enthaltende Zahnhöhle nach unten nicht geschlossen, der Zahn wächst unausgesetzt fort und zwar in der Regel in dem Maße, wie er oben abgenutzt wird. Die ausgezeichnetsten Beispiele solcher Zähne sind die Stoßzähne der Elefanten und die meißelförmigen Schneidezähne der Nagetiere, der Biber, Murmeltiere, Mäuse, Eichhörnchen ꝛc. Viele Nager und die Faultiere haben fortwährend wachsende Backenzähne; und bei den Pferden, den meisten Wiederkäuern und dem afrikanischen Warzenschwein (Phacochoerus) sind wenigstens die Wurzeln offen, die langen Zähne wachsen nach in dem Grade, wie sie abgekaut werden, und erst im höheren Alter bilden sich Wurzeln aus.

Abgesehen von dieser Umgestaltung stellen sich bei den Pflanzenfressern wichtige Eigentümlichkeiten in dem Bau der Zähne ein: der Schmelz ist reichlich gefaltet, die Falten dringen tief ins Innere des Zahnes ein, und es bilden sich Säulchen von Schmelz aus, während die Zwischenräume zwischen den Außenflächen der Schmelzpartien durch Zement ausgekleidet werden. So bei Wiederkäuern und Pferden. Dagegen steht bei den Elefanten eine große Anzahl schmaler Querjoche aus Schmelz eng aneinander gedrängt, und die tiefen Thäler zwischen den hohen Jochen sind mit Zement ausgefüllt. In allen ähnlichen Fällen bedeutet dies eine Vermehrung und allgemeinere Verbreitung des harten, widerstandskräftigen Schmelzes im Zahne, wodurch die Abnutzung gemindert wird. Vielfach können wir die allmähliche Entwickelung solcher zusammengesetzter Zähne aus einfachen verfolgen und dabei nachweisen, welchen Einfluß diese Veränderungen des Gebisses auf die Gesamtform des Schädels ausüben. Die außerordentliche Länge und Größe der Zähne wirkt auf die Gestalt der Kieferknochen und namentlich auf die des Oberkiefers ein, dieser vergrößert sich, während die anderen Teile des Schädels nicht in demselben Maß anwachsen. Hierdurch werden die Proportionen des Kopfes wesentlich geändert: die Augenhöhle und die Gehirnkapsel nach rückwärts gedrängt, und der Gesichtsteil erscheint länger. Am deutlichsten tritt das hervor, wenn man die Lage der Augenhöhle mit der Reihe der oberen Backenzähne vergleicht. So liegt bei den Paläotherien, geologisch alten und mit einfachen Zähnen versehene Formen aus dem Stamme der Pferde, die Augenhöhle so weit vorn, daß eine von ihrem Vorderrande senkrecht nach abwärts gezogene Linie ungefähr den ersten echten Molar trifft, während beim Pferde dieselbe Linie hinter den letzten Molar fällt (s. Abbildung, S. 321).

Digitized by Google

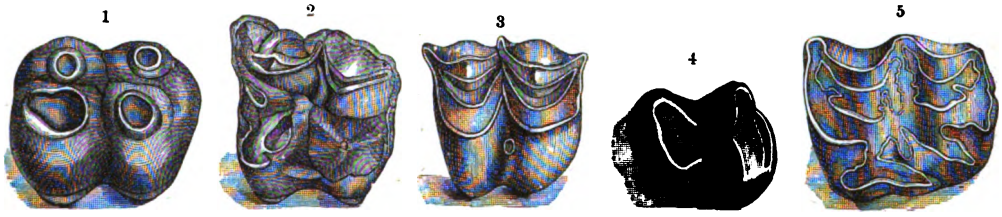
Dasselbe Verhältnis ergibt sich, wenn man den Schädel eines tertiären Ancodus (Hyopotamus) mit dem eines Rindes vergleicht, während man bei Zwischenformen sieht, wie sich das Auge allmählich nach rückwärts schob.

So mannigfach die Backenzähne bei Säugetieren sind, so einheitlich sind sie gebaut. Zunächst lassen sich die Molaren von Insektenfressern, Fledermäusen, Raubtieren und selbst die der Nager leicht auf eine gemeinsame Anlage zurückführen, bei der die Zahnkrone von einigen wenigen einfach mit Schmelz überzogenen Höckern gebildet wird. Da ist der bunodonte oder Höckerzahntypus, der auch unter den Huftieren bei den Schweinen und ihren Verwandten sowie bei einer



Schädel von Palaeotherium (links) und Pferd (rechts). (Nach Kowalevsky.) Vgl. Text, S. 320.

Anzahl geologisch alter, ausgestorbener Formen ausgezeichnet hervortritt (s. den Zahn von Elotherium, untenstehende Abbildung, Fig. 1). Bei manchen erloschenen Huftieren mit paarigem Zehenbau erscheinen die Höcker der Zahnkrone in die Länge gezogen und erhalten einen scharfen gebogenen Kamm. Aus dieser Mittelform, dem selenobunodonten Typus (s. den Zahn von



Verschiedene Typen von Backenzähnen: 1) bunodonter Typus, Höckerzahn von Elotherium; 2) selenobunodonter Typus, Molar von Anthracotherium; 3) selenodonter Typus, Halbmondzahn von Tragoceros (Antilopenform); 4) zygodonter Typus, Jochzahn vom Tapir; 5) zusammengesetzter Zahn vom Pferd. (Nach Gaudry und Kowalevsky.)

Anthracotherium, Fig. 2), entwickelt sich dann der aus Halbmondfalten gebildete selenodonte Zahn der Wiederkäuer (s. den Zahn von Tragoceros, Fig 3), der bei manchen Formen, namentlich bei den Rindern, sehr zusammengesetzt ist und reichliches Zement aufweist. Neben diesen Gruppen, deren Zahnbau sich auf den bunodonten Typus zurückführen läßt, tritt noch ein zweiter Formenkreis auf. Bei den unpaarzehigen Huftieren und bei den Elefanten und ihren Verwandten ist die primitive Zahnform zygodont: der Jochzahn tritt auf mit erhabenen Querleisten oder Querjochen auf der Zahnkrone, wie das beim Tapir und bei Dinotherium am klarsten ist (s. den Zahn vom Tapir, Fig. 4), und aus dieser sehr einfachen Form entwickeln sich die komplizierten, die beim Elefanten und beim Pferde nach verschiedener Richtung hin ihre höchste Ausbildung erreichen (s. den Backenzahn vom Pferde, Fig. 5).

Demnach gehen alle die mannigfachen Backenzähne auf zwei Grundformen, die höckerige oder bunodonte und die gejochte oder zygodonte, zurück. Die Untersuchungen von Cope über die tertiären Säugetierfaunen Nordamerikas zeigen aber, daß auch diese beiden Typen ineinander

Digitized by Google

übergehen. Bei manchen der ältesten Jochzähne treten auf den Jochen Höcker auf, und sie lassen sich auf Stammeltern zurückführen, bei denen die Molaren mit Höckern versehen sind, wie bei dem merkwürdigen Phenacodus aus Nordamerika. Alle die hoch modifizierten Pflanzenfressergebisse wurzeln also in dem Höckerzahn, und Höckerzähne sind auch bei Insektenfressern, Fledermäusen, Raubtieren, Halbaffen, Affen und Menschen vorhanden. Diese Zahnform müssen wir als die Grundform des Säugetiermolars überhaupt betrachten, zumal auch die mit vielen Zähnen ausgestatteten Beuteltiere der mesozoischen Zeit dieselbe Bildung zeigen. Ja, die Übereinstimmung geht noch weiter. Cope ist es gelungen, zu zeigen, daß bei allen ursprünglichen Säugetieren die Oberkieferbackenzähne tritubercular sind, d. h. aus drei Höckern bestehen, während im Unterkiefer der Tubercular-Sectorialtypus herrscht, bei dem vorn drei Zacken stehen, an die sich hier ein Anhang oder Talon anschließt. Natürlich sind zwischen den einzelnen Tiergruppen, die bis heute Höckerzähne bewahrt haben, im Gebiß und im Bau der einzelnen Zähne beträchtliche Unterschiede vorhanden, wenn auch der Gesamttypus gemeinsam bleibt. Bei Insektenfressern, Fledermäusen und Halbaffen sind die Zahnkronen mit scharfen, vorspringenden Spitzen gekrönt, bei den Affen sind die Zahnkronen breit mit wenig vorspringenden Höckern, während bei den Raubtieren in Anpassung an die Fleischnahrung die Zähne zum Schneiden eingerichtet sind. Diesen ist namentlich eine Differenzierung der Backenzähne eigen, die allen anderen Säugetieren fehlt: der Fleisch- oder Reißzahn; das ist ein Backenzahn, meist größer und namentlich höher als die übrigen und speziell zum Zerschneiden des Fleisches eingerichtet, im Oberkiefer der letzte Prämolar, im Unterkiefer der erste echte Molar. Je ausgesprochener fleischfressend das Raubtier ist, um so mehr tritt der Fleischzahn hervor, um so schärfer schneidet er, um so weniger entwickelt sind die übrigen Backenzähne, am entschiedensten bei den katzenartigen Tieren. Wo dagegen die Nahrung nicht ausschließlich tierisch ist, tritt der Fleischzahn zurück, und die hinter ihm stehenden Molaren gewinnen an Größe, so bei den vorwiegend pflanzenfressenden Bären. Die vor dem Fleischzahn stehenden, meist ziemlich schwachen Prämolaren werden als Lückenzähne, die hinter dem Fleischzahn befindlichen Molaren als Kauzähne bezeichnet.

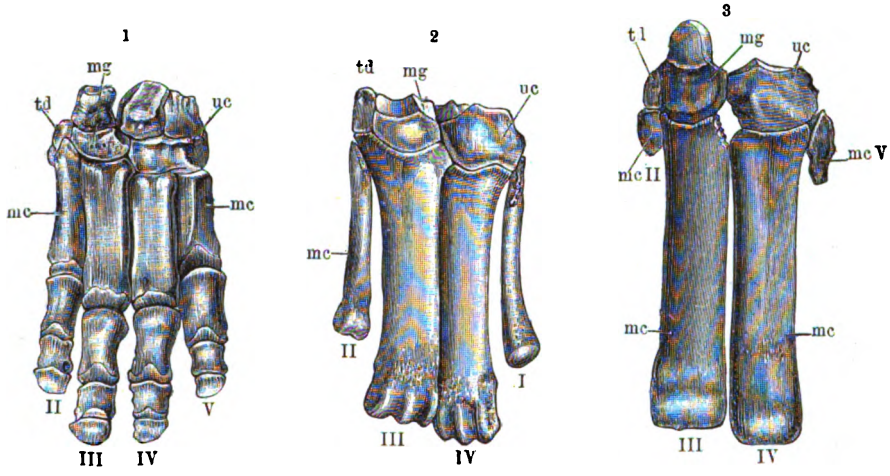
Außer an Gehirn und Zähnen gehen im Bau des Fußes bedeutende Umgestaltungen vor sich. Sehen wir vorläufig von den Umformungen in Flossen oder Ruderfüße ab, wie sie bei Walen, Seekühen und Seehunden vorkommen, so finden wir namentlich nach drei Richtungen hin wichtige Unterschiede: in der Zahl der Zehen, in ihrer Bekleidung mit Hufen oder Krallen und Nägeln, endlich in der Art und Weise, wie der Fuß beim Gehen den Boden berührt, ob mit der ganzen Sohle oder nur mit den Zehen.

In der Jetztzeit sind alle eigentlichen Huftiere und die Mehrzahl der Raubtiere (mit Ausnahme der Bären, Dachse und ihrer Verwandten) Zehengänger. Bei den ältesten tertiären Formen verhält sich das anders. Und auch die Stammtypen der Raubtiere und Huftiere sind Sohlengänger. Der Unterschied zwischen Säugetieren, deren Zehen Hufe tragen (Ungulati im weitesten Sinne), und solchen mit Nägeln oder Krallen (Unguiculati) ist wichtig. Jetzt tragen Pferd, Rhinozeros, Tapir, Schweine, Wiederkäuer, Elefanten und Klippdachse Hufe, während Insektenfresser, Fledermäuse, Raubtiere, Halbaffen, Affen und Mensch Nägel oder Krallen zeigen.

Die normale Zahl der Finger bei den Säugetieren ist fünf an jedem Fuße; kein einziges hat deren mehr. Wohl aber treten häufig deren weniger auf; doch läßt sich in allen Fällen teils durch den Nachweis der Zwischenformen, teils aus der Art der Verbindung der Finger mit der Hand- oder Fußwurzel, teils aus dem Vorhandensein von schwachen Rudimenten der fehlenden Finger die Folgerung ableiten, daß die geringere Zahl nicht ursprünglich gewesen, sondern aus der Fünfzahl durch Reduktion entstanden ist. Eine solche Verminderung kommt bei verschiedensten Abteilungen der Säugetiere vor, am ausgebildetsten und verbreitetsten bei den Huftieren im

Digitized by Google

engeren Sinne. Einzelne eocäne Vorfahren der Huftiere haben fünf Finger, bei der großen Mehrzahl sind deren vier oder weniger vorhanden, und zwar im Durchschnitt um so weniger Zehen, je mehr wir uns der Jetztzeit nähern. Heute leben nur noch drei Gattungen von Huftieren mit mehr als zwei funktionierenden Zehen (Zehen, die beim Gehen wirklich den Boden berühren und dem Körper zur Stütze dienen): Rhinozeros, Tapir und Flußpferd, während bei den Pferden nur eine, bei dem gewaltigen Heere der Wiederkäuer nur zwei Zehen vorhanden sind und die formenreiche Familie der Schweine deren vier besitzt, von denen nur zwei den Boden berühren, während die beiden anderen in entschiedener Rückbildung begriffen sind. Es zeigt sich dabei ein deutlicher Zusammenhang von Körperform und Lebensweise. Zehen sind in großer Zahl vorhanden, wo ein plumper, schwerer Körper und Aufenthalt auf weichem, sumpfigem Boden eine breite, massive Basis erfordern, während das Minimum der Zehenentwickelung bei schlanken,



Hände: 1) von Hippopotamus; 2) von Dicotyles; 3) von Elotherium. Von Hippopotamus ist die ganze Hand gezeichnet, von den beiden anderen nur die untere Reihe der Handwurzel und die Mittelhand. Die Bedeutung der Ziffern und Buchstaben ist folgende: II, III, IV, V zweite, dritte, vierte, fünfte Zehe; mc Mittelhand (Metacarpus), td os trapezoideum, mg os magnum, uc os unciforme. (Nach Kowalevsky.) Vgl. Text, S. 324.

schnellfüßigen Formen vorkommt, da eine schmale Hufffläche bei der raschen Bewegung auf hartem Boden die geringste Reibung verursacht.

Übrigens treten schon in ziemlich alten Tertiärbildungen Huftiere mit stark reduziertem Fußbau auf, die teils mit unseren Wiederkäuern, teils mit unseren Schweinen Verwandtschaft zeigen, aber nicht als deren Stammeltern betrachtet werden können. Das ist sehr eigentümlich. Aus dem Überwiegen der wenighufigen über die vielhufigen Typen und deren steter Zunahme in der neueren Zeit kann doch gefolgert werden, daß diese im Kampfe ums Dasein bevorzugt sind, daß die Reduktion des Fußbaues bei der Lebensweise dieser Tiere eine nützliche Änderung ist. Um so unverständlich erscheint es, weshalb die geologisch älteren zweizehigen Formen, wie Anoplotherium, Diplopus, Elotherium ꝛc., ausgestorben sind und durch andere ersetzt wurden, die sich aus vielzehigen erst entwickeln mußten.

Die Ursache dieser Erscheinung sucht Kowalevski darin, daß diese älteren zweizehigen Formen die Knochenstücke des Fußskelettes in unvorteilhafter und nicht fortbildungsfähiger Weise (inadaptiv) verringert haben. Wir wollen uns dies an einem Beispiel aus der Familie der Schweine klar machen. Der ursprüngliche vierzehige Typus hat sich beim Flußpferd erhalten; damit vergleichen wir Elotherium oder Entelodon, ein zweizehiges Schwein aus dem Oligocän, das ohne Nachkommen geblieben ist, und das amerikanische Pekari, die vorgeschrittenste Form der Gruppe.

Digitized by Google

Bei eintretender Reduktion des vierzehigen Fußes gehen die beiden äußeren Zehen, die zweite und fünfte, verloren oder werden stark verkleinert, während sich die dritte und vierte vergrößern. Vergleichen wir nun in den Abbildungen (s. Abb., S. 323) von Elotherium und dem Pekari (Dicotyles) die Art, wie dies geschieht, so finden wir einen wichtigen Unterschied. Bei Elotherium ist mit dem zweiten Finger auch der dazu gehörige Handwurzelknochen, das Trapezoideum, reduziert, der dritte Finger verbindet sich mit der Handwurzel genau wie bei Hippopotamus, und selbst der vierte Finger hat das dürftige Rudiment des fünften nicht ganz von der Unterseite des Unciforme abdrängen können. Ganz anders verhält sich die Sache beim Pekari: die dritte Zehe hat sich ausgebreitet und hat von dem Trapezoideum, das sonst als Ansatzstelle des zweiten Fingers dient, Besitz ergriffen, der vierte Finger hat die ganze Unterseite des Unciforme okkupiert, und die noch ziemlich starken Mittelhandknochen des zweiten und fünften Fingers sind vollständig zur Seite gedrängt, sie haben ihre Ansatzstellen an der Unterseite der Handwurzel verloren.

Fassen wir diese Erscheinungen zusammen, so finden wir bei dem ausgestorbenen Elotherium (Entelodon) vollkommene Starrheit und Unveränderlichkeit in der Verbindung zwischen Handwurzel und Finger, bei dem in Fortentwickelung begriffenen Stamme der Schweine, der im Pekari kulminiert, sehen wir Beweglichkeit und Anpassungsfähigkeit. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich in gleicher Weise an beiden Extremitätenpaaren bei allen den Formengruppen, bei denen der Gegensatz zwischen Reihen auftritt, die den Fußbau früh reduzieren, dann aber bald aussterben, z. B. bei den Anoplotheriden, und zwischen solchen Reihen, bei denen die Reduktion später und langsamer eintritt, die sich aber erhalten, wie die Wiederkäuer. Ein weiterer Vergleich ergibt, daß sich diese in der Veränderung des Gebisses und auch der Verdauungsorgane weit besser neuen Ernährungsverhältnissen anbequemen als jene. Und hierin liegt offenbar der Grund, warum sich die einen erhalten, die anderen nicht: die inadaptiven Gruppen erlöschen, die adaptiven, anpassungsfähigen überleben.

Beide Reihen der Selenodontier, die adaptiven wie die inadaptiven, gehen auf eine gemeinsame Wurzel zurück. Im Rückverfolgen des Stammes der selenodonten Paarhufer gelangen wir im tiefsten Eocän zu der primitiven Gruppe der Condylarthra, aus denen auch die höckerzähnigen Paarhufer (Schweine und Flußpferde) und die Unpaarhufer hervorgegangen sind. Aber nicht nur sämtliche Huftiere entstammen diesen fünfzehigen, mit Höckerzähnen versehenen Formen, deren Zehen ebensogut Hufe wie Nägel oder ein Mittelding zwischen beiden getragen haben konnten, diese Condylarthra sind mit fast allen anderen großen Zweigen des Säugetierstammes verwandt. Natürlich sind sie nicht die wahren Stammformen aller dieser Äste, denn schon im Eocän ist deren Trennung angedeutet oder bereits vollzogen, wenn sie sich hier auch noch viel näher stehen als später. Aber die Konvergenz der Eigenschaften, die wir an den Kondylarthren erkennen, dieses Zusammenneigen der verschiedenen Säugetiergruppen beweist, daß diese aus einem Urstamm hervorgegangen sind, dessen Reste wir in den Ablagerungen der Kreideformation vielleicht noch auffinden werden.

Schon der Nachweis der Condylarthra als Stammformen der Huftiere war für die Entwickelungsgeschichte der Tierwelt ein großer Gewinn. Es liegt hier der merkwürdige, der Entdeckung des Planeten Neptun ähnliche Fall vor, daß spätere Funde die Existenz eines theoretisch abgeleiteten gemeinsamen Stammvaters bestätigten. Im Jahre 1874, als (mit Ausschluß der Elefanten) noch kein fünfzehiger Ungulate im engeren Sinne bekannt war, erklärte der amerikanische Paläontolog Cope, daß der Stammvater aller Ungulaten ein fünfzehiges Tier mit Höckerzähnen gewesen sein müsse, was insofern neu war, als man bis dahin den Jochzahn als den Urtypus des Huftierzahns betrachtet hatte. Und zehn Jahre später erlebte Cope die Befriedigung, selbst in der Gattung Phenacodus eine Form nachweisen zu können, die seine Voraussage aufs glänzendste bestätigte. Dieser Erfolg fällt außerordentlich schwer zu gunsten der Abstammungslehre

Digitized by Google

ins Gewicht und spricht für die Verläßlichkeit der Resultate, die hierin dem genauen vergleichenden Studium der Fossilreste zukommt.

Nagetiere (Unguiculaten).

Einer der wichtigsten Stämme der Placentaltiere ist der der Unguiculaten oder Nagetiere, die in ihren ursprünglichsten Vertretern durch ein gut entwickeltes Gebiß mit 44 Zähnen ausgestattet sind. Die Backenzähne sind spitzhöckerig, der Gelenkkopf des Unterkiefers besteht aus einer quer verlängerten Rolle, die genau in eine ebenso geformte Grube des Schädels paßt, so daß nur eine senkrechte Auf- und Abbewegung des Unterkiefers, keine Vorschiebung, wie bei den Nagetieren, und keine seitlich malmende Bewegung, wie z. B. bei den Wiederkäuern, möglich ist. Die Finger oder Zehen sind mit Krallen oder Nägeln bewehrt.

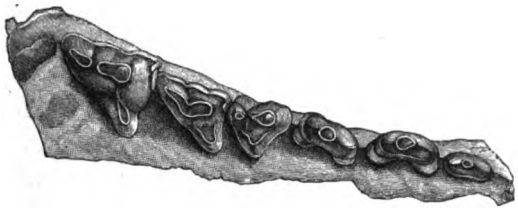
Hierher gehören zunächst die Insektenfresser, ferner die ausgestorbene Gruppe der den Raubtieren nahe stehenden Creodonten sowie die Halbaffen oder Lemuren. Außer diesen tiefer stehenden Abteilungen müssen wir dann noch deren höher entwickelte oder wenigstens stärker differenzierte Nachkommen: Fledermäuse, Raubtiere (und Seehunde) und Primaten (Affen und Mensch), zu den Unguiculaten rechnen. Die Insektenfresser sind kleine Sohlengänger, namentlich durch spitzhöckerige, drei- oder vierzackige Form der Backenzähne und ungleiche Höhe der Zacken daran ausgezeichnet; die Zahl der Schneidezähne ist meist reduziert, die Eckzähne klein. Spitzmäuse, Maulwürfe und Igel, ferner die auf Madagaskar und in Westindien lebenden Borstenigel (Centetes) sind heute die wesentlichsten Vertreter dieser Abteilung, die auch fossil in einer Anzahl von Arten vorkommt, ohne irgendwo größere Bedeutung zu erlangen. Von Interesse sind sie nur darum, weil sie, abgesehen von der Reduktion der Schneidezähne, wohl unter allen jetzt lebenden placentalen Säugetieren den ursprünglichsten Typus darstellen und vielleicht schon im Jura vertreten sind. Als ein Zweig, der sich frühzeitig von den Insektenfressern abgesondert hat, sind die Fledermäuse zu betrachten, die schon im älteren Tertiär erscheinen, ohne jedoch paläontologisch oder geologisch bedeutenderes Interesse zu bieten. Da schon die Formen des Eocäns mit allen Merkmalen der jetzigen Fledermäuse ausgestattet sind, muß ihre Abtrennung von den Insektivoren und die Anpassung an ihre besonderen Lebensverhältnisse schon in der Kreidezeit erfolgt sein.

Von ungleich größerer Wichtigkeit ist der große Stamm der fleischfressenden Tiere. Bei den geologisch jüngeren Formen, den Raubtieren (Carnivoren) im engeren Sinne, ist besonders ein Zahn in jedem Kiefer, der Fleischzahn oder Reißzahn, durch seine mehr oder weniger scharf schneidende Krone dem Geschäfte der Zerschneidung des Fleisches gewidmet (vgl. oben, S. 322), während bei geologisch älteren Formen die Gliederung in Reißzahn und Kauzähne noch nicht streng durchgeführt ist und mehrere Molaren reißzahnförmig sind. Diese ältere Gruppe, die Creodonten, ist nicht nur darin von den jetzigen Raubtieren unterschieden, sondern es finden sich, wenigstens bei den typischen Vertretern, auch noch andere Unterschiede: die Creodonten haben der Mehrzahl nach weniger Schneidezähne im Unterkiefer, das Gehirn ist auf niedrigerer Entwickelungsstufe, und auch in der Bildung der Handwurzel lassen sich namhafte Abweichungen erkennen: Scaphoideum und Lunatum sind bei den Creodonten in der Regel nicht verwachsen. In der allgemeinen Erscheinung werden sich die Creodonten nicht sehr von unseren Raubtieren unterschieden haben. Sie waren Sohlengänger, durchgängig ziemlich niedrig gestellt, an Größe konnten einzelne mit dem Löwen wetteifern, während andere in dieser Beziehung ein Wiesel nicht übertrafen. Der Schärfe der Zähne nach zu urteilen, waren sie großenteils wilde, gierige Räuber, während andere, z. B. Pterodon, wie die plumpe, oben abgenutzte Form ihrer Lückenzähne beweist, wesentlich Knochen

Digitized by Google

zerbissen und sich in ihrer Lebensweise den Hyänen genähert haben mögen. Hyaenodon, Pterodon (s. untenstehende Abbildung), Arctocyon, Proviverra sind einige der wichtigsten Formen dieser Abteilung des Tertiärs in Europa, außer denen eine noch größere Zahl von Gattungen aus Nordamerika bekannt geworden ist.

Keiner von allen bisher angeführten Unterschieden zwischen den alten Creodonten und den Raubtieren ist durchgreifend. Bei den jüngeren Creodonten ist das Gehirn schon etwas höher entwickelt, bei einzelnen aus dieser Familie schon Mond- und Kahnbein verwachsen; selten allerdings kommt auch die volle Zahl von drei Schneidezähnen vor, und endlich finden sich auch in der Differenzierung von Fleisch- und Kauzähnen, dem praktisch wichtigsten Merkmal, Übergänge. Namentlich die tertiären Gattungen Cynodon und Palaeonictis stellen sich hierin als Bindeglieder ein. Ein solches findet sich noch jetzt lebend auf der durch den altertümlichen Charakter ihrer Säugetierbevölkerung ausgezeichneten Insel Madagaskar in dem den Zibetkatzen ähnlichen Eupleres, einem kleinen Tiere mit zwei zu Fleischzähnen ausgebildeten Molaren im Oberkiefer. Obwohl es nahe Beziehungen zwischen Raubtieren und Creodonten wahrscheinlich machen, daß jene von diesen abstammen, so ist es noch nicht möglich, anzugeben, wie diese Entwickelung stattgefunden hat. Ja, gerade manche Creodontenformen, die bisweilen als die Ahnen dieser oder jener Raubtierfamilie genannt werden, müssen, wie Schlosser bemerkt, diesen Anspruch aufgeben, da sie weniger Schneidezähne haben als ihre mutmaßlichen Nachkommen. Durch manche Merkmale, in denen sich die Creodonten von den Raubtieren entfernen, nähern sie sich anderen Säugetiergruppen, namentlich den Insektenfressern und gewissen Beuteltieren. In neuerer Zeit hat man sogar, allerdings mit Unrecht, versucht, die Maulwürfe und Borstenigel (Centetes) zu den Creodonten zu stellen, dagegen Arctocyon und seine Verwandten bei den Insektenfressern unterzubringen.



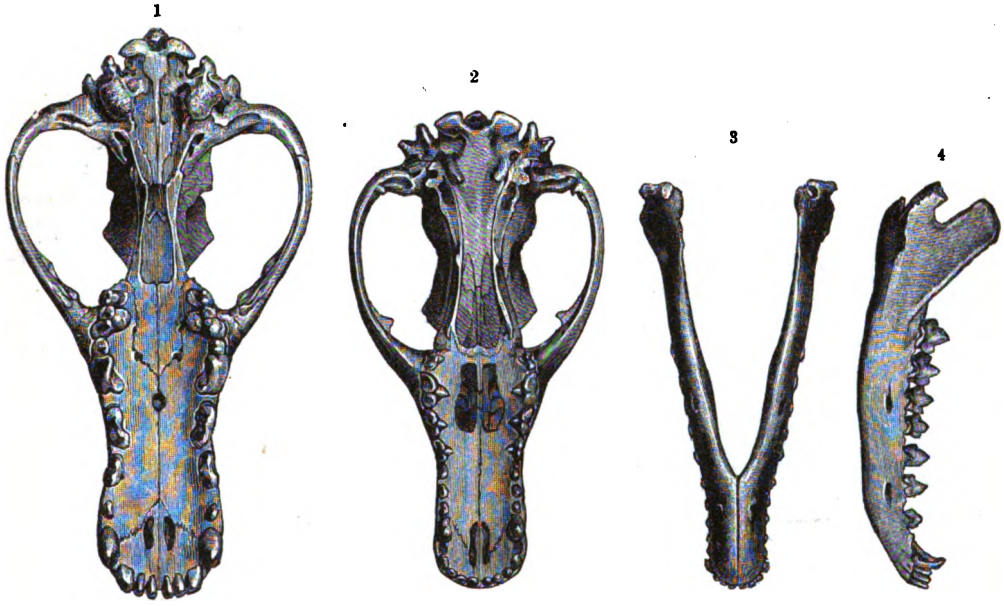
Rechte Oberkieferzähne von Pterodon. Wirkl. Größe.

Noch merkwürdiger sind die Beziehungen zu den Beuteltieren. Wir kennen in der Jetztwelt innerhalb dieser Ordnung eine Anzahl von Formen, die ebenso wie Raubtiere und Creodonten ein speziell für die Zerkleinerung des Fleisches höherer Tiere eingerichtetes Gebiß besitzen. Das beste Beispiel dieser Abteilung bildet der auf Tasmanien vorkommende Beutelwolf (Thylacinus), der in seiner ganzen Tracht einem kleinen Wolfe gleicht und wie dieser ein Zehengänger ist. Auch in der Bildung des Schädels ist die Ähnlichkeit groß, und bei flüchtiger Ansicht erinnert sogar das Gebiß des Thylacinus an das eines Hundes (s. Abbildung, S. 327). Noch größer aber ist die Ähnlichkeit mit dem Gebiß der Creodonten. Auch in anderen Merkmalen nähern sich die Creodonten den Beuteltieren: deren große Gaumenlöcher und die Ausbildung des Knochenkammes auf der Schädeldecke kehren bei Arctocyon wieder, der zweite Halswirbel von Hyaenodon gleicht dem einer Beutelratte (oder eines Igels). Kurz es gibt soviel Anklänge an die Beuteltiere, daß die Creodonten von manchen tüchtigen Paläontologen bei diesen eingereiht wurden. Allerdings geht das zu weit: es sind bestimmte Unterschiede zwischen beiden vorhanden, und Übergänge, wie sie die Creodonten mit den Insektenfressern und bis zu einem gewissen Grade mit den Raubtieren verbinden, fehlen. Vor allem ist der Unterkiefer der Creodonten an der unteren Ecke nicht nach innen eingebogen, und während bei den Beuteltieren nur ein Prämolar gewechselt wird, ist das bei den Creodonten mit allen Prämolaren der Fall. Auf Grund der Ähnlichkeit mit den Creodonten hat man früher in den Raubbeutlern die wahren Vorfahren der Raubtiere erblickt; und auch heute noch halten einzelne namhafte Forscher daran fest. Danach hätten auch die anderen

Digitized by Google

Stämme der Placentaltiere aus eplacentalen Vorläufern hervorgehen müssen: nicht aus einem gemeinsam placentalen Urstamm hätten sie sich gesondert, sondern jeder hätte für sich ein eplacentales Beutler-Stadium durchschritten. Heute gilt es als wahrscheinlicher, daß Beuteltiere und Placentaltiere selbständige, seit jeher getrennte Stämme bilden, wie dies schon oben angedeutet wurde, und nur in solchen Gruppen eine größere Ähnlichkeit annehmen, wo die Anpassung an dieselbe Lebensweise eine Reihe übereinstimmender Merkmale nach sich gezogen hat.

Die echten Raubtiere werden in der Regel in folgende Familien eingeteilt: Hunde, Bären, Marder, Zibetkatzen (Viverren), Hyänen und Katzen. Unter diesen stellen jedenfalls die Hunde, die Zibetkatzen und die Bären die ursprünglichsten Typen dar. In der Bildung des Gebisses sind die Hunde am wenigsten abgeändert, während die Bären als Sohlengänger den Vorfahren in

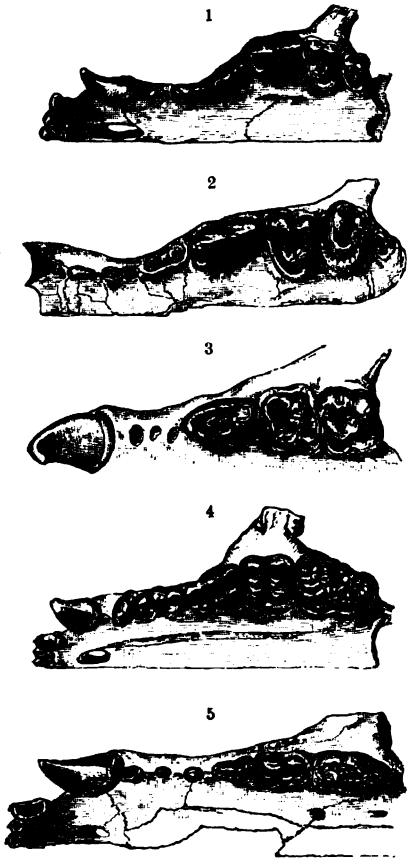


1) Schädel eines Wolfes, von unten; 2) Schädel eines Beutelwolfes, von unten; 3, 4) Unterkiefer eines Beutelwolfes, von unten und von der Seite. Vgl. Text, S. 326.

der Fußbildung näher stehen. Die Zibetkatzen wiederum nehmen bezüglich des gesamten Skelettbaues die tiefste Stufe ein. Im Gebiß stehen sie durch den Schwund des letzten unteren Backenzahns über den Hunden, werden dagegen von diesen in der Ausbildung der Füße übertroffen. Noch primitiver erscheint jedoch das große Raubtier Amphicyon, das in den miocänen Ablagerungen von Europa und Nordamerika auftritt. Bei den Hunden und den Bären lautet die Zahnformel $\frac{3.1.4.2}{3.1.4.3} = 42$; dabei sind, wie überhaupt bei den Raubtieren, der letzte Prämolar des Oberkiefers und der erste Molar des Unterkiefers als Fleischzähne entwickelt. Amphicyon besitzt dagegen einen Oberkiefermolar mehr, es ist also hier die bei den ursprünglicheren Formen der Nagel- und der Huftiere verbreitete Zahl von 44 Zähnen vorhanden. In der Form der Zähne an sich steht Amphicyon den Hunden nahe, so daß eine Unterscheidung bei vereinzelten Vorkommnissen oft Schwierigkeiten bietet; doch nähern sich die Kauzähne von Amphicyon durch erheblichere Größe und massigere Form denen der Bären. In der That sind Bären und Hunde, so sehr sie auch in der äußeren Erscheinung abweichen, durch die fossilen Amphicyoninen so eng verknüpft, daß eine klare Trennung kaum möglich ist.

Digitized by Google

Die Bären oder Ursiden lehren deutlich, wie ein für eine bestimmte Lebensweise angepaßtes Gebiß durch Änderung der Nahrung umgestaltet wird. Die Bären haben die reine Fleischkost verlassen und nähren sich großenteils von Pflanzenstoffen. Damit verlieren die Zähne ihre schneidende Beschaffenheit, die Kauzähne nehmen riesig zu und bedecken sich auf der Oberfläche mit zahlreichen charakteristischen kleinen Höckern und Warzen, der Fleischzahn wird kleiner und zum Schneiden unbrauchbar. Da die Bären gleich Amphicyon Sohlengänger sind, so beschränken sich die Änderungen wesentlich auf das Gebiß. Wie Gaudry gezeigt hat, bilden die im Miocän und Pliocän vorkommende Gattung Hyaenarctos (s. nebenstehende Abbildung, Fig. 3) und der jetzt im südlichen China lebende Aëluropus (Fig. 4) einen vollständigen lückenlosen Übergang; im oberen Pliocän tritt uns der älteste echte Bär entgegen, und in der Diluvialzeit ist wenigstens in Europa diese Gattung entschieden die häufigste unter allen Raubtieren.



Oberkiefer von: 1) Wolf; 2) Amphicyon; 3) Hyaenarctos; 4) Aëluropus; 5) Ursus (Bär). (Nach Gaudry.)

Auf dieselbe Wurzel wie die Caniden sind auch die Zibetkatzen oder Viverren zurückzuführen. Hier bieten die oligocänen Gattungen Cynodon und Cynodictis Bindeglieder, da bei ihnen der Bau der Extremitäten so ziemlich die gleiche Organisationshöhe einnimmt wie bei den Viverren. Mit den Viverren sind wiederum die Musteliden (Marder, Dachse, Wiesel und Ottern) so eng verknüpft, daß im Alttertiär eine scharfe Grenze zwischen ihnen kaum gezogen werden kann.

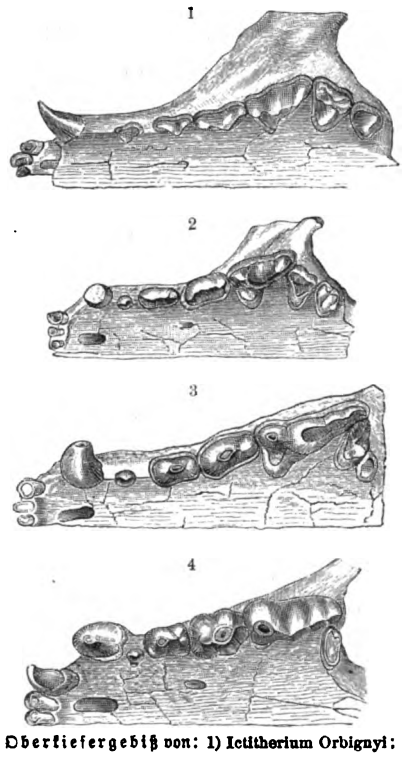
Von den Viverren zweigt sich in einer etwas späteren Periode eine weitere wichtige Gruppe ab, die Hyänen (Aasfresser). Diese Tiere zermalmen und verschlingen alle Knochen mit Hilfe ihres furchtbaren Gebisses. Interessant ist es, die Einrichtung der Zähne mit der zu vergleichen, die bei den Hunden demselben Zweck dient. Will ein Hund einen Knochen zerbeißen, so schiebt er ihn in den hintersten Teil des Rachens zwischen die breiten, kräftigen Kauzähne. Ganz anders bei den Hyänen. Bei den Viverriden, von denen sie abstammen, sind die Kauzähne schon zur Zerbrechung der Knochen zu schwach entwickelt, und als diese Tiere eine andere Lebensweise einschlugen, mußten andere Teile des Gebisses diesen Dienst verrichten. Hierzu eigneten sich die namentlich bei den älteren Viverren noch sehr kräftig entwickelten Prämolaren oder Lückenzähne, und in der That sind diese bei den Hyänen so umgestaltet, daß die Hauptspitze einen kräftigen, plumpen Kegel bildet und auch die Eckzähne gedrungen geformt sind. An Stelle der Spitzen der Prämolaren tritt eine breite, kreisförmige Oberfläche, die den Prämolaren der Hyänen den Namen Hammerzähne verschafft hat. Hand in Hand damit geht eine starke Reduktion der nun vollständig überflüssigen Kauzähne: die des Unterkiefers verschwinden ganz, im Oberkiefer bleibt ein kleiner, schwacher Molar zurück, und der Fleischzahn wird außerordentlich scharf und schneidend.

Die Unterschiede gegen die Viverren bestehen demnach in Bezug auf das Gebiß darin, daß ein Kauzahn oben und unten verschwindet und die Umbildung der Lückenzähne und des Fleischzahnes

Digitized by Google

stattfindet. Außerdem haben die Hyänen eine Zehe an den Hinterfüßen weniger. In allen diesen Beziehungen stellen die im Miocän und im untersten Pliocän auftretenden Gattungen Ictitherium und Hyaenictis (s. untenstehende Abbildung), wie Gaudry gezeigt hat, so vollständige Übergänge dar, wie man nur erwarten kann. Nur darf man nicht in Ictitherium selbst die Stammform erblicken, sondern in einem Vorläufer dieser Gattung. Denn gleichzeitig mit Ictitherium erscheint auch schon Hyaena. Die Hyänen sind ausschließlich auf Europa, Nordafrika und Südasien beschränkt; namentlich im Pleistocän werden sie häufig und sind hier nach dem Höhlenbären die wichtigsten Vertreter der Raubtiere.

Waren die Zähne der Hyänen trefflich für das Zermalmen der Knochen eingerichtet, so finden wir das Gebiß der katzenartigen Tiere vollkommen der reinen Fleischnahrung angepaßt. Hier ist alles schneidige Schärfe, der Fleischzahn aufs äußerste entwickelt, und die Lücken- und Kauzähne treten zurück. Außer den Schneide- und Eckzähnen stehen im Ober- und Unterkiefer je zwei Lückenzähne vor dem Fleischzahn, hinter diesem ist nur im Oberkiefer ein kleiner Kauzahn vorhanden. Entsprechend dieser Verminderung der Zähne sind auch die Kiefer verkürzt, wodurch die gedrungene Form des Kopfes bei den verschiedenen katzenartigen Tieren bedingt wird.



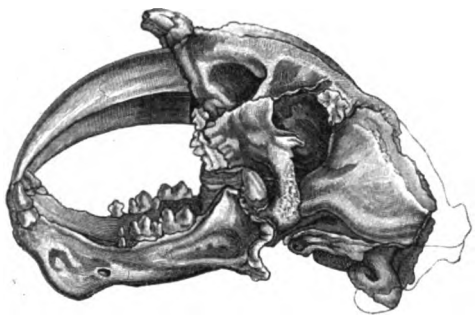
Oberkiefergebiß von: 1) Ictitherium Orbignyi; 2) Ictitherium robustum; 3) Ictitherium hipparionum; 4) Hyaena eximia. (Nach Gaudry.)

Den Katzen stehen die Marder und Hyänen in der Zahl der Zähne am nächsten, nicht aber in deren Form. Die plump höckerige Gestalt der Marderzähne entfernt sich von dem scharf schneidenden Typus bei den Katzen, und noch weniger gemein mit diesen hat das Gebiß der Hyänen mit seinen massigen Hammerzähnen. Dagegen haben die Viverren hierin weit mehr Ähnlichkeit mit den Katzen; allerdings haben jene im Oberkiefer einen Lücken- und einen Kauzahn, im Unterkiefer zwei Lücken- und einen Kauzahn mehr als diese. Diese Differenz wird durch das Vorhandensein einzelner Zwischenformen überbrückt. Noch in der Jetztwelt existiert eine solche Form in der auf Madagaskar lebenden Gattung Cryptoprocta, die einen Lückenzahn mehr hat als die Katzen und darin wie überhaupt in den meisten Merkmalen mit der tertiären Gattung Proaëlurus übereinstimmt. Da diese in ausgesprochener Weise die Eigentümlichkeiten der Katzen mit denen der Viverren vereinigt, so dürfte man den Katzenstamm wohl mit Recht von dem der Viverren ableiten. Auch diese Abzweigung muß, ähnlich wie die der Musteliden, schon frühzeitig erfolgt sein, weil schon bei den oligocänen Vorläufern die Katzenmerkmale ziemlich ausgesprochen sind.

Die Katzen stellen in der Jetztwelt die höchst entwickelten Typen der ganzen Ordnung der Raubtiere dar. Aber in der Vorzeit existierte in den Machairodonten oder Messerzähnern ein Typus, der sie in der Ausbildung des Gebisses noch bei weitem übertraf. Ein Merkmal dieser mehrere Gattungen umfassenden Abteilung liegt in der Form des Unterkiefers, dessen Vorderteil sich nicht allmählicher abrundet, sondern mit einer stumpfen Kante in die Seiten verläuft. Dazu gesellt sich bei den höheren Formen eine ganz enorme Entwickelung der Eckzähne des Oberkiefers, die, scharf schneidend und an den Rändern gekerbt, wie zwei mächtige Dolche herabhängen.

Digitized by Google

Auch die Fleischzähne sind noch stärker ausgebildet als bei den Katzen, während der Kauzahn des Oberkiefers verschwunden ist. Die geologisch ältesten Formen dieser Gruppe, die Nimraviden, sind außerdem durch primitive Gestaltung der Schädelbasis gekennzeichnet. Überhaupt stehen die Machairodonten etwas abseits vom eigentlichen Katzenstamm: Osborn bringt sie, ob mit Recht, ist wohl noch zweifelhaft, direkt mit der Creodontenfamilie der Paläonictiden in Verbindung. Kein Raubtier, das je existiert hat, kann sich mit Machairodus in der Furchtbarkeit der Bewaffnung messen. Schon die typischen Arten, die in Europa im Pliocän und vereinzelt noch in diluvialen Ablagerungen auftreten, sind jedem Löwen oder Tiger weit überlegen; vor allem aber ist der Smilodon des südamerikanischen Diluviums durch die enorme Entwickelung seiner Eckzähne ausgezeichnet (s. untenstehende Abbildung). Wie kommt es, daß diese gewaltigen Tiere ausgestorben sind, während die weit weniger wehrhaften Löwen, Tiger und Panther noch heute leben? Das Pliocän und Diluvium war überall durch die große Anzahl riesiger pflanzenfressender Tiere (Mastodonten, Elefanten, Dinotherien, Nashörner, Elasmotherien, Nilpferde, Giraffen, Hellado-



Schädel von Machairodus (Smilodon) neogaeus, aus dem südamerikanischen Diluvium.

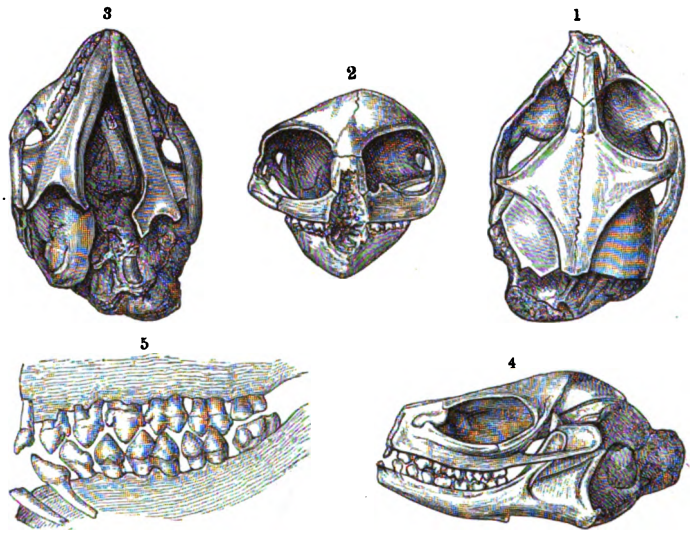
therien in Europa, durch die Megatherien, durch Mylodon, Megalonyx, Mastodon und andere in Amerika) ausgezeichnet. Wahrscheinlich wählten sich die Machairodus-Arten diese Riesen als Beute, die sie truppweise angriffen und mit ihren grimmigen Eckzähnen zerfleischten; denn für die kleineren Wiederkäuer, Pferde oder andere schwächere Tiere wäre eine so enorme Entwickelung der Eckzähne kaum von Vorteil gewesen. Da nun mit dem Ende der Diluvialzeit in Europa und Amerika die riesigen Pflanzenfresser aussterben, könnte man sich denken, daß auch die Machairodonten mit den Beutetieren, deren Bewältigung sie angepaßt waren, aus diesen Gegenden verschwanden. Aber dann sollte man erwarten, sie noch heute in der äthiopischen und indischen Region zu finden; namentlich wäre Südafrika mit seinem Reichtum an großen Säugetieren der geeignetste Tummelplatz für diese streitbaren Räuber. Aber das Rhinozeros, der Elefant und das Flußpferd werden heute durch keinen ebenbürtigen Gegner bedroht, und das Verschwinden von Machairodus aus diesen Regionen ist und bleibt ein ungelöstes Rätsel.

An die Raubtiere werden in der Regel die Seehunde oder Robben (Pinnipedier) angeschlossen, die in der That, was Gebiß und Nahrung anbelangt, mit jenen eine so auffallende Übereinstimmung zeigen, daß an einem Zusammenhang kaum gezweifelt werden darf. Allerdings ist durch den Aufenthalt im Wasser der Leib spindelförmig geworden, die Füße sind zu Ruderflossen ausgebildet, und auch im Schädelbau und in der Bezahnung sind die Abweichungen so bedeutend, daß wir nicht angeben können, von welchem Raubtier sie abstammen mögen. H. Seeley hat auf die Ähnlichkeit zwischen den Backenzähnen der Theriodontier-Gattung Cynognathus und denen der Robben aufmerksam gemacht: beiden fehlt zum Unterschied von den echten Raubtieren der innere Höcker (vgl. oben, S. 188). Vielleicht sind also die Robben nicht unmittelbar aus Raubtieren, sondern aus primitiveren Vorfahren hervorgegangen. Geologisch spielen die Seehunde keine große Rolle; etwas häufiger treten sie nur im obersten Miocän Ost- und in den Pliocänablagerungen Nordeuropas auf.

Wir kehren zu dem Ausgangspunkt, den Insektenfressern, zurück, um eine zweite wichtige, wenn auch weniger umfangreiche Formengruppe zu verfolgen. In der Jetztwelt finden wir die

Digitized by Google

Halbaffen oder Lemuren, eine Abteilung kleiner Tiere, die, den Insektenfressern naheſtehend, ſich von ihnen namentlich dadurch, daß die einzelnen Zacken der Backenzähne alle gleich hoch ſind, ſowie durch die Bildung der Extremitäten unterſcheiden. An den Händen und Füßen beſitzen nämlich die Lemuren Daumen, die den übrigen Fingern entgegengeſtellt werden können und mit ihnen eine Greifhand bilden, wie ſie an der Vorderextremität des Menſchen und an allen vieren bei den Affen vorhanden iſt. Schon im älteſten Eocän von Amerika und ebenſo im Oligocän in Europa finden ſich Reſte von Tieren, die in der Bezahnung und im Schädelbau vollſtändig mit den jetzt lebenden Lemuren übereinſtimmen, und wir können nicht daran zweifeln, daß ſie auch gleich dieſen opponierbare Daumen hatten. Solche Formen ſind Necrolemur (ſ. untenſtehende Abbildung) und Adapis in Europa, Mixodectes, Anaptomorphus und mehrere andere aus Nordamerika. Übrigens hängen auch dieſe Typen mit den Inſektenfreſſern durch Zwiſchenformen ſo innig zuſammen, daß eine ſcharfe Trennung nicht möglich iſt. Später als im Oligocän ſind Lemuren weder in Europa noch in Amerika bisher gefunden worden, ſie verſchwinden aus dieſen Gebieten für immer und haben ſich nur in einer Region bis auf den heutigen Tag erhalten.

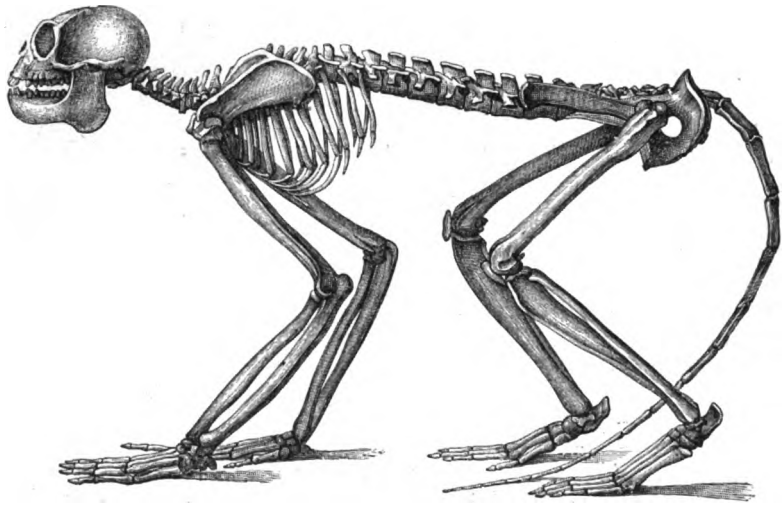


Schädel von Necrolemur, einem foſſilen Halbaffen aus den Phosphoriten von Quercy in Frankreich: 1) von oben, 2) von vorn, 3) von unten, 4) von der Seite, 5) Gebiß, vergrößert.

Die ſtärkſte Entfaltung finden ſie heute auf Madagaskar, deſſen Bevölkerung wir ſchon mehrfach als altertümlich kennen gelernt haben. Die dortigen Raubtiergattungen Cryptoprocta und Eupleres haben in Europa ihre nächſten Verwandten im oberen Oligocän oder im Miocän, ebenſo die eigentümliche, heute nur auf Madagaskar und den weſtindiſchen Inſeln auftretende Inſektenfreſſerfamilie der Centetiden oder Borſtenigel. Ferner finden wir auf Madagaskar noch einige Gattungen von Viverren, alſo auch geologiſch alte Typen, einige indifferente Formen (Mäuſe, Spitzmäuſe und Fledermäuſe) und ein eigentümliches Schwein, Potamochoerus, das auch Südafrika bewohnt. Dazu iſt endlich noch ein Flußpferd zu rechnen, das zwar nicht mehr lebend dort auftritt, aber in ganz jungen Ablagerungen foſſil vorkommt. Die einzigen Tiere, die als modern in der madagaſſiſchen Fauna etwas fremd daſtehen, das Flußpferd und der Potamochoerus, leben amphibiſch, ſind auf dem benachbarten afrikaniſchen Feſtlande heimiſch und konnten Madagaskar ſchwimmend erreichen, als es ſchon Inſel geworden war. Abgeſehen von dieſen ausgezeichneten Schwimmern fehlen aber geradezu alle charakteriſtiſch äthiopiſchen Typen, Löwen, Panther, Hyänen, Giraffe, Antilopen, Büffel, Zebra, Nashorn, Elefant, die bezeichnendſten Formen der afrikaniſchen Fauna. Alle dieſe Gattungen ſind aber geologiſch verhältnismäßig jung. Wir werden alſo daraus ſchließen müſſen, daß Madagaskar im Oligocän noch in Verbindung mit anderen Feſtlandsmaſſen ſtand, dann aber in jungtertiärer Zeit Inſel wurde. Daß es vorher mit Afrika zuſammenhing, kann keinem Zweifel

Digitized by Google

unterliegen, eher noch, ob auch mit dem südlichen Vorderindien und mit Ceylon. Zu der Annahme eines solchen Kontinents während der ersten Hälfte der Tertiärzeit führte die geographische Verbreitung der Halbaffen oder Lemuren, die, außer auf Madagaskar, auch in Afrika südlich von der Sahara und in einem Teile der indischen Region vorkommen. Mat hat daraus und aus dem gemeinsamen Vorkommen einiger anderer Tiere geschlossen, daß dieser Verbreitungsbezirk die Trümmer eines verschwundenen Festlandes darstelle, für das man nun den Namen Lemuria vorschlug. In der jüngeren Tertiärzeit hingen Afrika und Indien von Norden her zusammen; das Rote Meer, eine der jüngsten Bildungen der Erdoberfläche, existierte noch nicht (vgl. Bd. I, S. 379), ein gemeinsames Faunengebiet erstreckte sich vom Sudân durch Arabien nach Persien, Afghanistan und Indien. Sicher hat ein großer Teil der indisch-äthiopischen Formen auf diesem Wege seine jetzige Verbreitung erlangt, namentlich das Rhinozeros, die Elefanten, Büffel, die katzenartigen Raubtiere ꝛc. Diese Typen treten in unseren Gegenden im Pliocän fossil auf. Allein neben ihnen glaubte man früher ein zweites Element in der indo-



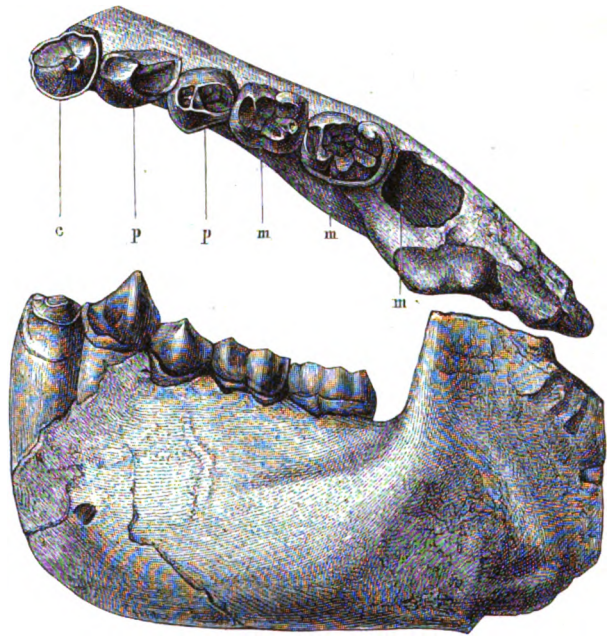
Mesopithecus Pentelici, ein pliocäner Schlankaffe von Pikermi in Griechenland. (Nach Gaudry.) Vgl. Text, S. 334.

äthiopischen Fauna unterscheiden zu müssen, das sich abweichend verhalten sollte: es sind das solche Formen, die bei uns fossil gar nicht oder nur in älteren Tertiärbildungen auftreten. Hierzu zählte man außer den Lemuren die menschenähnlichen Affen oder Anthropoiden Borneos und des äquatorialen Westafrika und die eigentümlichen Schuppentiere (Manis) und Erdferkel (Orycteropus). Nun hat man aber Manis und Orycteropus im unteren Pliocän von Samos und von Maragha in Persien entdeckt; auch sie könnten somit unter die Formen gehören, die über Kleinasien oder Europa eingewandert sind. Dadurch erscheint natürlich auch die Lemurenfrage in einem neuen Lichte. Es ist nicht mehr unmöglich, daß sich die Lemuriden, die von Nordamerika nach Europa gezogen sind, später nach Süden und Osten verbreitet und in getrennten Wanderzügen ihre jetzigen Gebiete erreicht haben, wie dies namentlich E. Koken betont hat.

Wir hatten gesehen, daß die Verbreitung der Pflanzen und Wirbeltiere in jungpaläozoischer und triadischer Zeit und die Abgrenzung der marinen Faunengebiete während der Jura- und Kreideformation ganz entschieden für das Vorhandensein einer indomadagassischen Landverbindung sprechen. Für ihren Fortbestand in tertiärer Zeit sind aber keine zwingenden Gründe vorhanden. Im Tertiär wurde das Festland zertrümmert: zuerst ward das madagassische Gebiet von Indien, später Madagaskar von Afrika abgetrennt.

Digitized by Google

Zurück von Lemurien zu den Lemuren! Wie erwähnt, fehlen sie in der jüngeren Hälfte des Tertiärs in Europa und Amerika vollständig, aber auch in dessen älterer Abteilung sind sie selten. Und ihre Nachkommen, die echten Affen, treten fossil überall nur sehr spärlich auf. Darum ist unsere Kenntnis davon unvollkommen. Die Affen unterscheiden sich von den Lemuren namentlich durch höher entwickeltes Gehirn und durch geschlossene Augenhöhlen.. Im Gebiß tritt die Ähnlichkeit mit den Insektenfressern zurück, die Zähne erhalten breitere Kauflächen mit stumpfen Höckern. Doch greifen diese Unterschiede nicht ganz durch. Denn bei den niedrigsten Affen, den kleinen südamerikanischen Krallaffen, ist das Großhirn noch glatt, sind die Backenzähne noch sehr spitzhöckerig und fast ganz wie bei den Lemuren gestaltet, so daß die Kluft zwischen beiden nur gering ist. Eine fossile Zwischenform zwischen Affen und Lemuren ist noch nicht gefunden worden, und die lebenden Krallaffen stehen den Lemuren wohl näher als irgend eine fossile Affenform; doch kann das bei der Spärlichkeit tertiärer Reste aus dieser Abteilung nicht wundernehmen. An einer Abstammung der Affen von den Lemuren zu zweifeln, ist kein Grund vorhanden. Wahrscheinlich haben sich von der Gruppe der Pachylemuriden im Miocän die Affen abgezweigt.



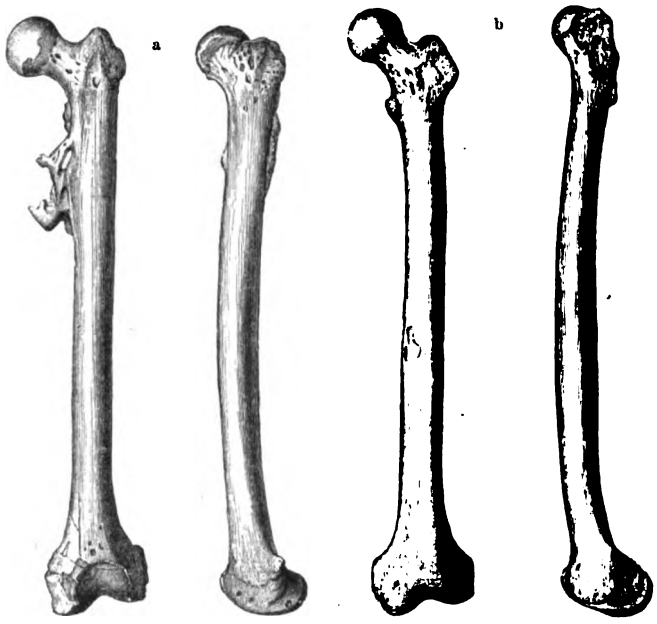
Unterkiefer von Dryopithecus Fontani, einem anthropoiden Affen aus dem Miocän von Saint-Gaudens (Haute-Garonne in Frankreich): c) Eckzahn, p) Prämolaren, m) Molaren. (Nach Gaudry.) Vgl. Text, S. 334.

Unter den Affen kann man drei Hauptgruppen unterscheiden. Am tiefsten stehen die Krallaffen oder Hapaliden Südamerikas (Löwenäffchen, Uistiti ꝛc.) mit glattem Großhirn, breiter Nasenscheidewand und 32 spitzhöckerigen Zähnen (Formel $\frac{2.1.3.2}{2.1.3.2} = 32$). Einen etwas höheren Rang nehmen die Platyrhinen oder Breitnasen, amerikanische Affen, ein, gleich den Krallaffen mit breiter Nasenscheidewand, aber mit 36 weniger spitzen Zähnen nach der Formel $\frac{2.1.3.3}{2.1.3.3} = 36$ ausgerüstet. Die höchste Stufe endlich nehmen die Affen der Alten Welt oder Schmalnasen ein, mit 32 Zähnen $\left(\frac{2.1.2.3}{2.1.2.3} = 32\right)$ und mit schmaler Nasenscheidewand. Hier finden wir dieselbe Zahnformel wie beim Menschen; und dieselbe Zahl herrscht auch bei den Krallaffen, doch nur scheinbar. Denn während die Affen der Alten Welt zwei Prämolaren und zwei Molaren besitzen, zeigen die Hapaliden drei Prämolaren und zwei Molaren und sind demnach den Plattnasen auch hierin viel näher verwandt.

Als den Stammtypus der Affen müssen wir eine Form annehmen, die die Gestalt der Backenzähne und das Gehirn der Krallaffen, aber die Zahnformel der Plattnasen hatte; die Schmalnasen entfernen sich offenbar am weitesten von dem Ursprung der ganzen Ordnung. Fossile Affen sind so selten, daß Cuvier deren Existenz aufs entschiedenste in Abrede stellte. Doch hat man seither eine Anzahl von Formen entdeckt: so einige Plattnasen mit 36 Zähnen aus den

Digitized by Google

diluvialen Knochenhöhlen Braſiliens. Alle tertiären Affen der Alten Welt gehören derſelben Abteilung an wie die jetzt lebenden Formen unſerer Erdhälfte, nämlich den Schmalnaſen. Ein Schlankaffe (Semnopithecus) iſt im Pliocän der Sivalik-Hügel am ſüdlichen Fuße des Himalaya gefunden worden, und damit verwandt ſind auch einige Affenreſte, die im Pliocän Italiens, der Umgebung von Montpellier in Frankreich und namentlich bei Pikermi zwiſchen Athen und Marathon am Fuße des Pentelikon getroffen worden ſind. Bei Pikermi allein kommen Affenreſte in etwas größerer Zahl vor: Gaudry fand in einem Lehmblock nicht weniger als acht Affenſchädel beiſammen und konnte aus dem Material das ganze Skelett des dort vorkommenden Mesopithecus Pentelici (ſ. Abbildung, S. 332) wiederherſtellen. Im Miocän Europas war Pliopithecus, eine dem langarmigen Gibbon (Hylobates) Indiens naheſtehende Form, ziemlich verbreitet: man kennt die leider ſehr unvollſtändigen Reſte von mehreren Örtlichkeiten. In Saint-Gaudens in Frankreich wurden zwei Unterkiefer eines großen Affen gefunden, der an Wuchs hinter dem Menſchen nicht zurückgeblieben zu ſein ſcheint; er wurde von Lartet unter dem Namen Dryopithecus (ſ. Abbildung, S. 333) beſchrieben, und derſelben Gattung werden auch einige Zähne zugeteilt, die in Württemberg gefunden worden ſind, ſowie ein Oberſchenkelbein aus Eppelsheim. Dieſer Dryopithecus iſt inſofern von Intereſſe, als man ihn längere Zeit für den menſchenähnlichſten Affen gehalten hat. Mit Unrecht. Dryopithecus nimmt hinſichtlich des Schädelbaues ſogar eine recht tiefe Stufe unter den menſchenähnlichen Affen ein. Nur ſcheint er, wie Pohlig auf Grund des Oberſchenkelknochens von Eppelsheim ausführt, den aufrechten Gang häufiger geübt zu haben, ähnlich wie der Gorilla, und würde ſich dadurch dem Menſchengeſchlecht mehr nähern als durch den Schädel. Jedenfalls iſt Dryopithecus kein Mittelglied zwiſchen Menſch und Affe.

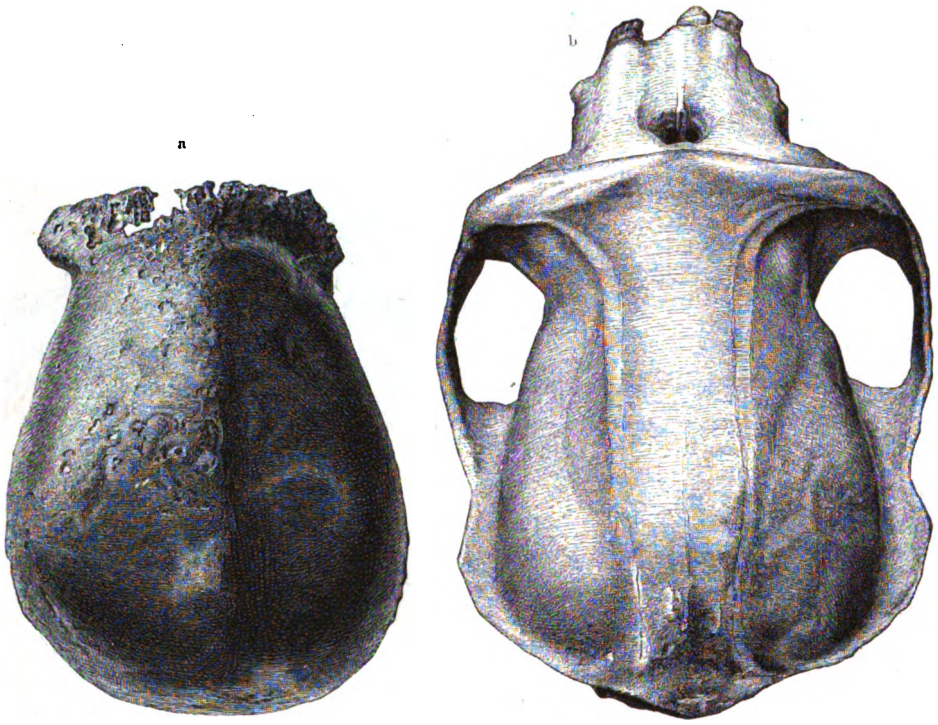


Linker Oberſchenkelknochen: a) von Pithecanthropus erectus; b) vom Menſchen. (Nach E. Dubois.) Verkleinert.

Dagegen wird dies für Funde beanſprucht, die in neueſter Zeit auf Java gemacht worden ſind. Dort fanden ſich zuſammen mit anderen Knochen von altdiluvialen Säugetieren und Reptilen im andeſitiſchen Tuff des Kendeng ein Schädeldach, ein Backenzahn und ein linkes Oberſchenkelbein, die nach E. Dubois einer Pithecanthropus erectus genannten Übergangsform zwiſchen den anthropoiden Affen und dem Menſchen angehören. Das Oberſchenkelbein, das auf der Hinten-Innenſeite eine durch Verletzung entſtandene Knochenwucherung hat, läßt ſchließen, daß Pithecanthropus aufrecht wie der Menſch auf zwei Beinen ging (ſ. obenſtehende Abbildung). Dagegen teilt er gewiſſe für die Skelettmechanik untergeordnete Merkmale mit den menſchenähnlichen Affen. Das Schädeldach iſt durch bedeutende Größe und höhere Wölbung dem menſchlichen Typus viel mehr genähert als z. B. der Schimpanſe (ſ. Abbildung, S. 335). E. Dubois zieht aus dieſem

Digitized by Google

Vorkommen weitgehende Schlüsse, er knüpft Pithecanthropus an den pliocänen Schimpanse der Sivalik-Bildung Indiens, Palaeopithecus sivalensis, der leider nur in einem Oberkieferstück bekannt ist, und betrachtet Prothylobates — Anthropopithecus (Palaeopithecus) sivalensis — Pithecanthropus erectus — Homo sapiens als eine Entwickelungsreihe, die mit einer hypothetischen, dem Gibbon und dem miocänen Pliopithecus Europas verwandten Form beginnt und mit dem Menschen schließt. Also hätte die indische Tierprovinz das Menschengeschlecht geboren. Wir brauchen kaum zu betonen, von wie außergewöhnlichem Interesse diese Fragen sind.



Schädeldach, von oben: a) von Pithecanthropus erectus; b) von Anthropopithecus troglodytes, Schimpanse. (Nach E. Dubois.) Verkleinert. Vgl. Text, S. 334.

Aber mit dem Grade der Bedeutung wächst auch die Notwendigkeit peinlichster Exaktheit und Vorsicht in der Untersuchung und Schlußfolgerung, zumal da die bisher vorliegenden Reste so unvollständig sind. Auch Südamerika wird von manchen Forschern, wie wir sehen werden, als Ursprungsgebiet des Menschen angesehen: dort sollen schon im Pliocän Spuren des Menschen entdeckt sein. Das geologische Alter der betreffenden Schichten wird aber stark in Frage gezogen; und so sind nach keiner Richtung hin die Verhältnisse zu einem bestimmten Urteil reif.

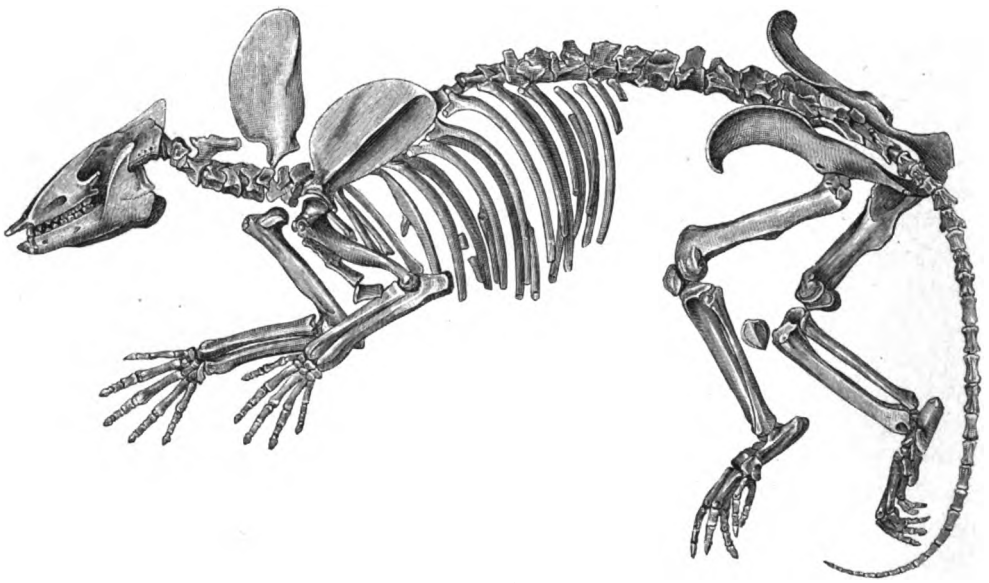
Fossilreste von Menschen kennt man mit voller Sicherheit aus diluvialen Ablagerungen; im Tertiär sind weder solche noch Kunstprodukte mit Bestimmtheit nachgewiesen worden, so viele Angaben über derartige Funde auch schon gemacht worden sind. Dieser Gegenstand wird in dem anthropologischen Teil dieser Naturkunde (in Rankes Buch: „Der Mensch", Bd. II) einer ausführlichen Besprechung unterzogen.

Digitized by Google

Huftiere.

Schon unter den mit Höckerzähnen ausgestatteten Säugetieren des untersten Eocäns hat sich eine Scheidung in zwei Hauptgruppen, in Formen mit Nägeln und in solche mit Hufen, vollzogen. Wirkliche Bindeglieder zwischen diesen großen Abteilungen sind zwar nicht bekannt, aber die Bildung der Zehen geht bei den ältesten bekannten Formen, wie bei Periptychus unter den Huftieren und Mesonyx unter den Creodonten, so wenig ins Einzelne, daß man kaum mit Bestimmtheit sagen kann, ob sie mit Hufen oder mit Klauen versehen waren.

Die huftragenden Formen sind heute durch vier verschiedene Ordnungen vertreten: durch die Diplarthra oder Huftiere (Ungulaten) im engeren Sinne, die wieder in Paarhufer (Artiodactylier) und Unpaarhufer (Perissodactylier) zerfallen, durch die Elefanten oder Proboscidier, durch die Klippdachse oder Hyracoiden und endlich durch die Sirenen oder Seekühe. Die drei letzten haben in der Jetztwelt nur eine kleine Zahl von Gattungen und Arten; bloß die Huftiere und unter ihnen namentlich die Paarhufer stellen formenreiche und teilweise wenigstens noch im Aufblühen begriffene Abteilungen dar.



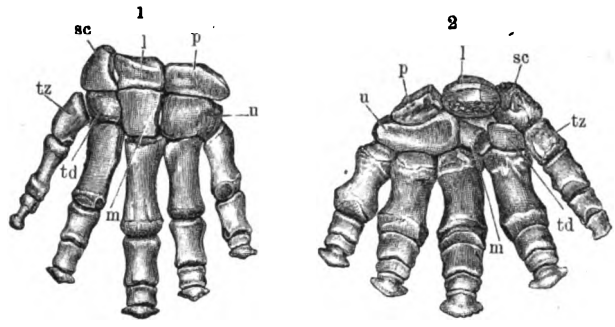
Phenacodus primaevus, aus der Puercogruppe Nordamerikas. (Nach Cope.) Vgl. Text, S. 337.

Auch innerhalb der Diplarthra stehen sich heute mehrere Typen unvermittelt gegenüber. Rhinozeros und Tapir, Pferde, Schweine und Flußpferd, endlich die Wiederkäuer sind vier Gruppen, deren Beziehungen zu einander aus der Beschaffenheit der jetzt lebenden Vertreter kaum erkannt werden können. In der That hat man lange Elefanten, Rhinozeros, Tapir, Flußpferd und Schwein in eine Ordnung der Dickhäuter oder Pachydermen zusammengestellt und daran die Pferde und Wiederkäuer als zwei gleichwertige Gruppen gereiht. Hier konnte erst die Paläontologie durch eine reiche Menge fossiler Formen Klarheit schaffen. In keiner anderen Abteilung von Wirbeltieren, die heute noch zahlreiche lebende Vertreter zählt, ist das Verständnis so sehr wie hier von paläontologischen Studien ausgegangen. Vor allem ergab es sich, daß die Abteilung der Dickhäuter durchaus unnatürlich aus den verschiedenartigsten Elementen besteht. Die

Digitized by Google

Elefanten scheiden aus, Tapir und Rhinozeros sind nahe Verwandte der Pferde, Schweine und Flußpferd solche der Wiederkäuer.

Darum müssen auch wir von den ältesten und einfachsten Formen aus die Entwickelung der verschiedenen Stammlinien verfolgen. Den Ausgang bilden die primitiven fünfzehigen Huftiere, unter dem Namen Condylarthra aus dem ältesten Eocän Nordamerikas und Europas beschrieben. Phenacodus primaevus, die am besten bekannte Art dieser Abteilung, ist ein Tier etwa von der Größe eines Steinbocks, aber mit niedrigeren Beinen und mit langem Schwanz (s. Abbildung, S. 336). Das Gebiß hat die normale Zahl von 44 Zähnen, die den Höckertypus und noch so wenig bezeichnende Ungulatenmerkmale besitzen, daß man sich vor dem Bekanntwerden der Füße über dessen Stellung nicht klar werden konnte: man hätte ebensogut ein Tier mit Krallen wie ein solches mit Hufen vermuten können. Der Bau des Schädels, noch wenig spezialisiert, vereinigt Eigenschaften von Paarhufern, Unpaarhufern und Raubtieren. Das Gehirn, klein und glatt, hat flache Hemisphären, die das Kleinhirn unbedeckt lassen. Während der Rumpf keine bemerkenswerten Eigentümlichkeiten bietet, ist die Entwickelung der Füße interessant. So ist der Oberarmknochen in seinem unteren Teile durchbohrt (vom foramen entepicondyloideum), ein Merkmal, das nur bei wenigen der ältesten Huftiere, dagegen bei Raubtieren und Creodonten sehr verbreitet ist. Von den beiden Knochen des Oberarmes ist der Radius oder die Speiche schwächer als die Ulna oder Elle, ein Verhältnis, das bei Elefanten, nicht aber bei anderen Huftieren wiederkehrt. Die beiden Knochenreihen der Handwurzel sind serial angeordnet, d. h. jeder Knochen der oberen Reihe der Handwurzel liegt genau über einem solchen der unteren Reihe, und die Fugen zwischen je zwei Knochen der oberen Reihe entsprechen genau denen der unteren. Zum besseren Verständnis dieses wichtigen Verhältnisses verweisen wir auf obige Abbildung des Vorderfußes eines Elefanten und eines Coryphodon. Dort ist die Anordnung ebenfalls serial, beim Coryphodon dagegen sind die Knochen seitlich verschoben, was dem Fuß erhöhte Festigkeit verleiht. Bei den höher entwickelten Huftieren wird die Elle reduziert, und dabei tritt die seitliche Verschiebung der Handwurzelknochen ein, während Phenacodus und seine Verwandten in einem äußerst primitiven Stadium stehen. Dem Phenacodus und den übrigen Condylarthren war infolge dieser Ausbildung der Extremitäten noch nicht jene Raschheit der Bewegung eigen, die die entwickelteren Huftiere auszeichnet. Die Mittelhand- und Mittelfußknochen von Phenacodus sind zwar noch verhältnismäßig kurz; trotzdem war das Tier kein echter Sohlengänger: die erste und fünfte Zehe sind verkürzt und berühren nicht mehr den Boden. Die mittlere oder dritte Zehe, entschieden die stärkste, bildet schon den Hauptpfeiler des Fußes. Daher betrachtet man Phenacodus als Vorläufer der Unpaarhufer, während eine andere Gattung der Condylarthren, Periptychus, von M. Schlosser mit den Paarhufern verbunden wird. Hier genüge die Bemerkung, daß nicht nur die Paar- und Unpaarhufer auf die Condylarthra zurückgehen, sondern daß auch die übrigen Gruppen der Huftiere hier oder bei naheſtehenden Vorläufern der Condylarthra, „Urhuftieren", zusammenlaufen. Ja, deutliche Anklänge an die übrigen



Vorderfuß von 1) Elephas; 2) Coryphodon. Die einzelnen Knochen der Handwurzel sind bezeichnet: p Os pyramidatum, l Os lunatum, sc Os scapholdeum, u Os uncIforme, m Os magnum, tz Os trapezium, td Os trapezoideum. (Nach Cope.) Vgl. auch Text, S. 362.

Digitized by Google

Hauptgruppen der Säugetiere, besonders Creodonten und Insektenfresser, beweisen, daß diese Typen der gemeinsamen Wurzel der Säugetiere genähert sind.

In der Jetztwelt existiert eine kleine, vollkommen isolierte und höchst altertümlich gestaltete Gruppe, die Klippschliefer oder Hyracoiden, vermutlich die letzten wenig veränderten Nachzügler eines mit den Condylarthren verwandten Seitenzweiges der cretacischen Urhuftiere. Es sind das kleine, in Afrika und Syrien heimische Formen, an den vorderen Füßen mit fünf Zehen, deren erste verkümmert ist, und mit drei Zehen an den hinteren Füßen (s. untenstehende Abbildung). Die Handwurzel ist serial angeordnet, wie bei Phenacodus. Das Gebiß besteht aus zwei fortwährend wachsenden Schneidezähnen im Ober- wie im Unterkiefer, die wie bei Nagern gebildet sind, während die Molaren an die von Rhinoceros oder Palaeotherium erinnern.

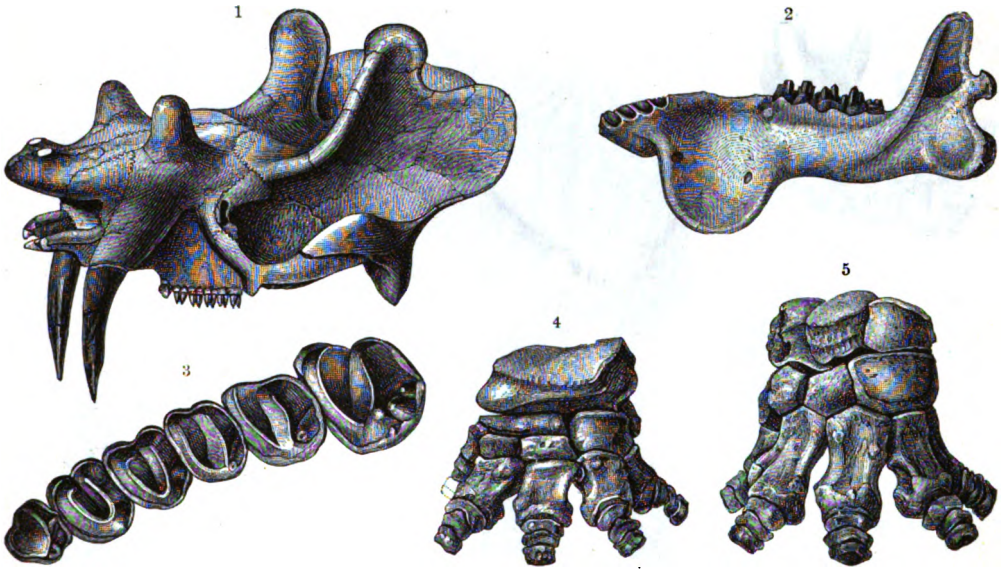
Ein anderer Typus fünfzehiger Huftiere verschiedenen Baues ist Coryphodon, der schon lange in unvollkommenen Resten aus dem unteren Eocän Europas bekannt ist, aber erst später in

Skelett des Klippdachses, Procavia (Hyrax) syriacus. (Nach Blainville.)

Menge aus gleichalterigen Ablagerungen Amerikas vollständig beschrieben wurde. Cope schildert dieses merkwürdige Tier folgendermaßen: „Nach dem Skelette glich Coryphodon in der allgemeinen Erscheinung wahrscheinlich einem Bären mehr als irgend einem anderen lebenden Tiere, nur mit dem Unterschiede, daß seine Füße ganz wie die eines Elefanten waren, und zu den Körperverhältnissen eines Bären müssen wir noch einen Schweif von mittlerer Länge fügen. Ob sie behaart waren, wissen wir nicht; denn von ihren Verwandten, den Elefanten, sind einige behaart (das Mammut), andere nackt. Der Scheitel war ohne Zweifel kahl und mag bei alten Tieren nur mit einer dünnen Epidermis, wie bei Krokodilen, bedeckt gewesen sein, so daß sie dem Feinde eine rauhe, undurchdringliche Stirn entgegenstellen konnten. In seinen Bewegungen glich Coryphodon ohne Zweifel dem Elefanten mit seinem schwankenden Paßgange. Als Ersatz für den Mangel an Geschwindigkeit kann die furchtbare Bewaffnung mit mächtig vorspringenden Eckzähnen gelten, welche namentlich im Oberkiefer stärker und länger waren als bei Raubtieren. Die Größe der einzelnen Arten schwankt zwischen derjenigen eines Ochsen und der eines Tapirs. Die Hauptnahrung von Coryphodon war vermutlich vorwiegend pflanzlicher Natur, aber ohne strenge Beschränkung auf ein bestimmtes Futter; ohne Zweifel waren sie, wie die jetzigen Schweine, bis zu einem bedeutenden Grade Allesfresser." Im Baue der kurzen, stämmigen Extremitäten fällt die Ähnlichkeit mit den Elefanten auf: in der kurzen, plumpen Gestalt der Zehen, in der Art, wie sie den Boden berühren und den Fuß stützen, und ganz besonders in der Massigkeit der Hand- und Fußwurzel. Während sich aber bei den Elefanten die reihenförmige Anordnung der Handwurzelknochen wie bei den Condylarthren erhalten hat, beginnt bei Coryphodon die seitliche

Digitized by Google

Verschiebung der beiden Reihen (s. Abbildung, S. 337). Das Gebiß besteht aus den 44 normalen Zähnen, unter denen die Eckzähne durch ihre Größe und Stärke ausgezeichnet sind. Im Bau der Backenzähne wiegt bei Coryphodon die Jochform vor. Da aber die Joche mit kräftigen Höckern versehen sind, darf man sie als einem Mischtypus angehörig betrachten. Noch altertümlicher ist die Zahnform von Pantolambda, einer ungefähr schweinsgroßen Gattung aus dem untersten Eocän von Neumexiko. Hier sind die Backenzähne trituberculär und haben nicht einmal die Spezialisierungsstufe der Condylarthren erreicht. Auf die niedrige Stellung dieser Formen unter den Huftieren weist auch die Kleinheit des Gehirns hin; in dieser Hinsicht scheinen sie von allen placentalen Säugetieren übertroffen zu werden (s. Abbildung, S. 317, Fig. 2).



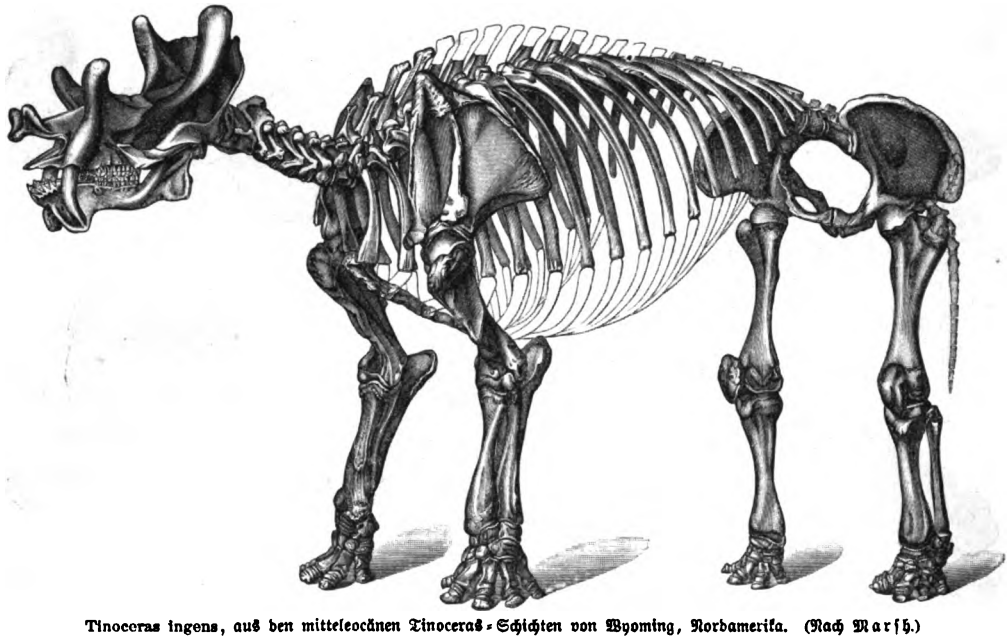
Dinoceras mirabile, aus dem amerikanischen Eocän (Bridgergruppe): 1) Schädel, 2) Unterkiefer, 3) Backenzähne des Oberkiefers, 4) Hinterfuß, 5) Vorderfuß. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 340 und 353.

Trotzdem daß wiederholt von der Ähnlichkeit der Coryphodonten mit den Elefanten die Rede war, können diese nicht aus jenen abgeleitet werden. Denn schon die geologisch ältesten Coryphodonten sind besonders entwickelt. Dagegen ist es nicht unwahrscheinlich, daß ihre Vorfahren in demselben Stamme zusammenliefen, aus dem auch die Condylarthra entsproßten. Nachkommen der Coryphodonten existieren in der Jetztzeit nicht mehr; sie sind aber nicht sofort im unteren Eocän erloschen. Im oberen Eocän schließt sich ihnen eine in jeder Beziehung seltsame Gruppe riesiger Tiere an, die Dinoceraten, die mit den Coryphodonten zusammen als eine selbständige Ordnung der Amblypoden aufgefaßt werden.

Diese Dinoceraten, die von amerikanischen Paläontologen, namentlich von Marsh, eingehend beschrieben worden sind, gehören zu den merkwürdigsten Tieren, die je gelebt haben. Schon ihre geographische Verbreitung ist sonderbar. Nicht nur auf Nordamerika scheinen sie beschränkt zu sein, sondern auch hier nur auf den südwestlichen Teil von Wyoming, das Becken des oberen Green River. Diese Einsenkung war im Eocän von einem großen Süßwassersee erfüllt, dessen Sedimente eine Mächtigkeit von etwa einer englischen Meile erreichen. In diesen trockenen und vegetationslosen Mauvaises Terres von Wyoming hat weitgehende Denudation die tertiären Ablagerungen ergriffen. Zahllose Klippen, Obelisken und Säulen von brennenden, grell kontrastierenden Farben ragen empor, und dieselben Verwitterungsvorgänge, die die festeren Felspartien

Digitized by Google

in abenteuerlichen Formen bloßlegten, befreiten auch die zahlreichen Wirbeltierknochen aus dem Gestein. Stellenweise liegen sie in Menge an der Oberfläche herum, und unter ihnen fallen die der Dinoceraten durch ihre Größe besonders auf. Marsh hat allein Reste von mehr als 200 Exemplaren dieser riesigen Tiere in seiner Sammlung vereinigt. Seltsam genug ist außerhalb dieser Region in keinem der anderen durch ihre massenhaften Säugetierreste ausgezeichneten Gebiete jemals die geringste Spur eines solchen Tieres gefunden worden. Man hat unter den Dinoceraten drei Hauptgattungen mit den Namen Dinoceras (s. Abbildung, S. 339), Tinoceras (Loxolophodon) und Uintatherium bezeichnet: Kolosse, die an Größe und Massigkeit des Rumpfes einem Elefanten nahezu gleichkommen, aber mit niedrigeren, sehr plumpen Beinen ausgestattet waren, also nicht dieselbe Höhe erreichten. Tinoceras ingens (s. untenst. Abbildung) war von der Nase



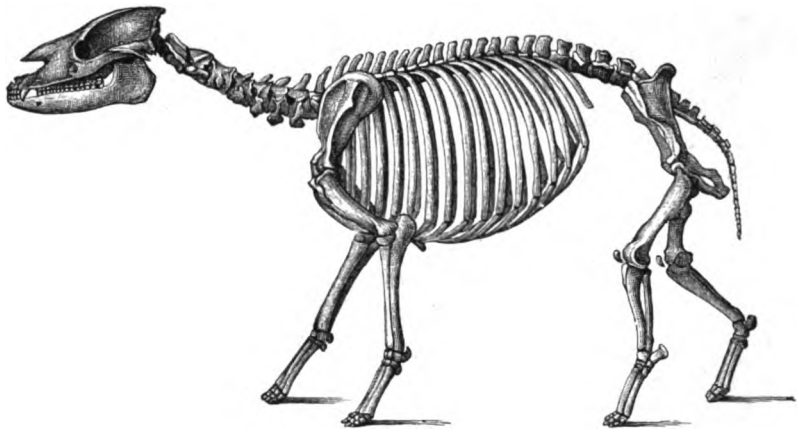
Tinoceras ingens, aus den mitteleocänen Tinoceras-Schichten von Wyoming, Nordamerika. (Nach Marsh.)

bis zur Schweifspitze nahezu 5 m, ohne Schweif 3,65 m lang, aber nur 2 m hoch, während bei sehr großen Individuen des indischen Elefanten die Länge ohne Rüssel und Schweif 3,35 m, die Höhe bis zu 4 m beträgt. Der Hals war länger und beweglicher als beim Elefanten, und in der ganzen äußeren Erscheinung soll das Tier zwischen Elefant und Rhinozeros in der Mitte gestanden haben. Im Bau der Füße stimmen die Dinoceraten mit den Coryphodonten nahezu überein; auffallend wirken sie, abgesehen von ihrer Größe, durch den Schädel, der seinesgleichen nicht findet. Im Unterkiefer sind Schneide- und Eckzähne vorhanden, im Oberkiefer fehlen jene, die Eckzähne sind dagegen zu riesigen Hauern ausgebildet, die wie bei einem Walroß herabhingen; die Backenzähne waren schwache Jochzähne. Auf der Oberseite des Schädels gleichen sechs seltsame, mächtige Knochenvorsprünge Ansätzen von Hörnern. Zwei davon sitzen ganz vorn auf der Nase, als ob wir ein Rhinozeros vor uns hätten; zwei weitere größere stehen über den Wurzeln der riesigen Eckzähne, und zwei ungeheure Kämme erheben sich endlich über dem hinteren Teile des Schädels. Ob diese Knochenvorsprünge wirklich riesige Hörner trugen, wie man vielfach glaubt, oder welches sonst deren Bedeutung war, ist durchaus unsicher. Jedenfalls aber verliehen sie dem Tier ein überaus wildes Aussehen. Auch im Unterkiefer breitet sich im vorderen Teile bei vielen Formen jederseits ein mächtiger, nach abwärts gerichteter Knochen aus. Alles

Digitized by Google

das zusammen muß die Dinoceraten zu den abenteuerlichsten Säugetierformen gemacht haben, die je auf Erden existierten. Denken wir uns noch dazu, daß die Kolosse mit überaus kleinem und unentwickeltem Gehirn ausgestattet, also wahrscheinlich dumme und träge Geschöpfe waren, deren Augen überdies durch die mächtigen Knochenkämme fast gedeckt waren, so erscheinen uns die Dinoceraten als ein Bild roheſter und ungelenkſter Plumpheit.

Nun zu den beiden Hauptabteilungen der Huftiere im engeren Sinne, zu den Paarhufern und Unpaarhufern! Bei diesen ist die Zahl der Zehen stets geringer als fünf, und die beiden Knochenreihen der Hand- und Fußwurzel sind gegeneinander verschoben, so daß die Fuge zwischen zwei Knochen der oberen Reihe nicht wieder auf eine Fuge, sondern auf einen Knochen trifft. Die Paar- und Unpaarhufer unterscheiden sich vor allem im Bau der Füße, nicht aber entscheidet, wie der Name andeuten könnte, die Zahl der Zehen (so hat der Tapir, ein typischer Unpaarhufer, am Vorderfuß vier Zehen, während die paarhufige Gattung Anoplotherium Arten mit drei



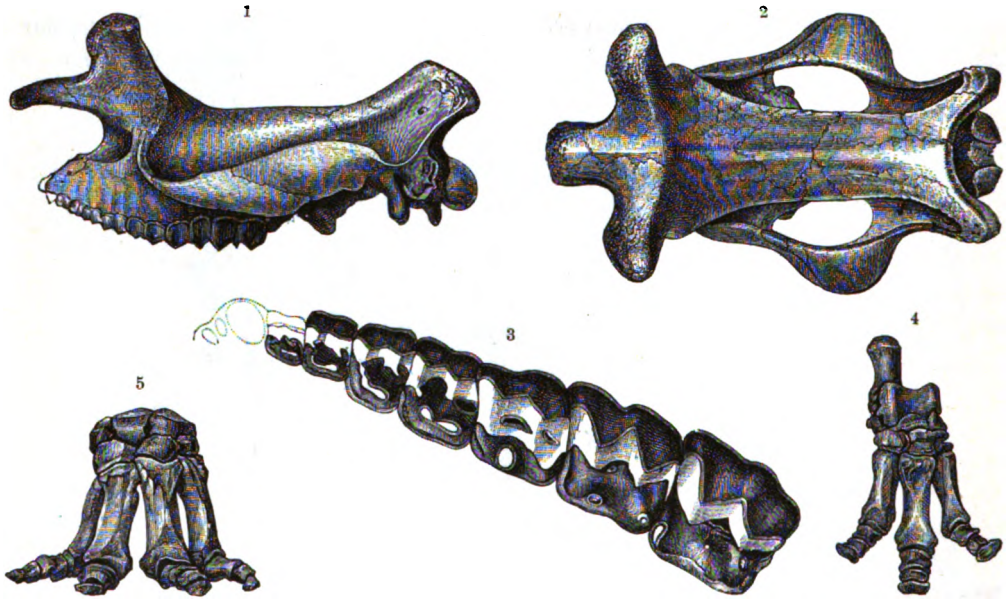
Palaeotherium magnum, eine tapirähnliche Form aus dem unteroligocänen Gips von Paris. (Nach Gaudry.)
Vgl. Text, S. 342.

Zehen enthält), sondern wesentlich ist, welche Finger hauptsächlich den Körper tragen. Bei den Unpaarhufern geht die Achse des Fußes mitten durch die mittlere oder dritte Zehe, diese bildet den hauptsächlichsten Träger des Körpers, sie vergrößert sich auf Kosten der anderen Zehen, und bei den Formen mit starker Fußreduktion (den Pferden) verschwinden alle Zehen bis auf diese eine. Bei den Paarhufern dagegen verläuft die Achse des Fußes zwischen der dritten und vierten Zehe, diese beiden bilden sich daher gleichmäßig zu den eigentlichen Trägern der Körperlast aus, und eine weitere Reduktion als zur Zweizehigkeit, wie wir sie bei den Wiederkäuern finden, ist hier nicht möglich. Demnach drücken Marsh's Bezeichnungen Mesaxonia und Paraxonia dieses Verhältnis besser aus als die alten Namen der Paarhufer und Unpaarhufer. Auch im Gebiß sind durchgreifende Merkmale vorhanden. Während die Backenzähne der Unpaarhufer nach dem Jochtypus gebaut sind, haben unter den Paarhufern die Schweine und ihre Verwandten Höckerzähne, die Wiederkäuer Zähne mit halbmondförmigen Falten. Daher werden die Schweine als die Bunodonten, die Wiederkäuer und ihre Sippe als Selenodonten bezeichnet.

Die größte Verbreitung unter allen huftragenden Tieren erreichen im älteren Tertiär die Unpaarhufer. Eine große Zahl von drei- und vierzehigen Gattungen und Arten, nach dem Skelett von ziemlich einförmigem Habitus, waren die häufigsten Tiere im Eocän und Oligocän; z. B. kommen sie im Gips vom Montmartre und in den Bohnerzbildungen des Juragebirges in Menge vor. Hyracotherium, Hyrachius, Lophiodon, Palaeotherium, Propalaeotherium, Paloplotherium sind einige der bekanntesten Formen. Wie heute der Wiederkäuertypus, so spielten

Digitized by Google

damals dieſe Tiere die führende Rolle unter den Pflanzenfreſſern und trieben ſich aller Wahrſcheinlichkeit nach in großen Herden umher. Manche unter ihnen waren kleiner als irgend ein jetzt lebendes Huftier und nicht größer als ein Kaninchen, während andere die Größe eines Rindes, wenige noch bedeutendere Dimenſionen erreichten. In ihrer äußeren Erſcheinung waren ſie wahrſcheinlich dem Tapir ähnlich, dem letzten wenig veränderten Überreſt dieſer Geſellſchaft, einem lebenden Foſſil aus dem Oligocän. Als die Stammform dieſer tapiroiden Tiere des älteren Tertiärs gilt die kaum fuchsgroße Gattung Hyracotherium, die im unteren Eocän von Europa und Amerika auftritt, mit vier Zehen am vorderen, drei am hinteren Fuße, mit 44 Zähnen, unter denen die Molaren noch ziemlich kräftige Höcker auf den Jochen haben. Einen noch ur-



Titanotherium (Brontotherium) ingens, aus dem oberen Oligocän oder unteren Miocän (White River-Gruppe): 1) Schädel von der Seite, ungefähr 1/4 natürl. Größe, 2) Schädel von oben, 3) Backenzähne des Oberkiefers, 4) Hinterfuß, 5) Vorderfuß. (Nach Marſh.) Vgl. Text, S. 343.

ſprünglicheren Typus ſcheint die noch wenig bekannte Sippe Eohippus darzuſtellen, bei der noch Rudimente einer fünften Zehe am Vorderfuß vorhanden ſind. Dem lebenden Tapir ähnlich war Lophiodon; die häufigſte Gattung in unſeren Gegenden iſt Palaeotherium, an die vor allem die denkwürdigen Unterſuchungen von Cuvier anknüpfen. Die Abbildung, S. 341, ſtellt das häufige Palaeotherium magnum dar, das uns zugleich ein Bild von dem Ausſehen der tapiroiden Formen jener Zeit gibt. Die Gattung beſaß ein vollſtändiges Gebiß von 44 Zähnen, die Molaren beſtehen im Oberkiefer aus einer W-förmig geſtalteten Außenwand und zwei Querjochen, während ſich die des Unterkiefers der Halbmondform nähern; die Füße tragen je drei Zehen.

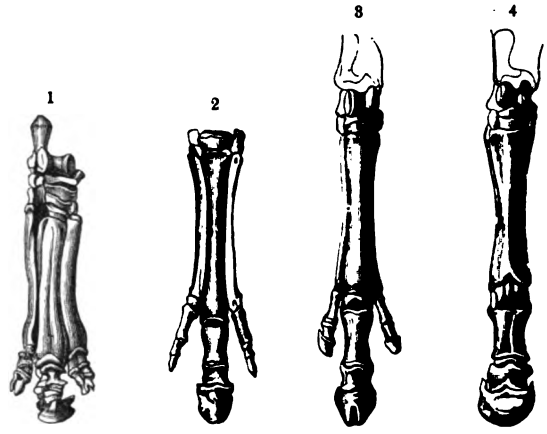
Aus dieſer Menge ziemlich ähnlicher Formen heben ſich zwei Reihen ab, die von den Tapiroiden abſtammen: die Nashörner und die Pferde. Die Nashörner oder Rhinozeroſſe ſcheinen an Tiere anzuſchließen, die dem Lophiodon ähnlich ſind. Die älteſten Repräſentanten haben vorn noch vier Zehen, und die Naſenbeine ſind noch zu ſchwach, um einem Horn als Stütze dienen zu können (Ceratherium); aber allmählich werden die Naſenbeine immer kräftiger, ſie ſchwellen zu monſtröſer Größe an und tragen auf der Oberſeite jene rauhen Knochenpolſter, über denen die Hörner, reine Hautgebilde, emporragen. Bei manchen Arten erhebt ſich vom

Digitized by Google

Zwischenkiefer eine Knochenlamelle, die dem Nasenbein als Stütze dient und eine knöcherne Nasenscheidewand bildet. Der Schädel wird lang und schmal, die Schneidezähne verkümmern, und ihnen folgen auch die Eckzähne, die bei den Aceratherien noch stark entwickelt, einander nahe und nach vorn gerichtet sind. Die mächtigen Molaren haben eine ungefaltete Außenwand und zwei daran sich anschließende Querjoche.

Die ältesten, noch hornlosen Vertreter der Familie, die Aceratherien, kommen im Oligocän und Miocän vor; ihnen folgen bald die echten Nashörner, die entweder ein oder zwei hintereinander stehende Hörner tragen. Im Miocän, Pliocän und Diluvium sind diese in Europa und ganz Asien verbreitet, in der neuen Zeit aber auf die tropischen Regionen, auf Afrika und Indien, beschränkt. In Amerika scheinen hornlose Formen in großer Zahl in der jüngeren Tertiärzeit gelebt zu haben, dagegen ist von gehörnten Rhinozerossen mit Sicherheit nur Diceratherium bekannt, eine kleine Gattung, bei der zwei nebeneinander stehende Hörner entwickelt waren.

Ersatz für den Mangel an diesen Typen erhält Nordamerika in der verwandten Gruppe der Titanotheriden, die im Eocän mit ungehörnten Formen, wie Palaeosyops, einsetzen. Von dieser Gattung führt Diplacodon unmittelbar zu den gewaltigen Titanotherien (s. Abbild., S. 342) des unteren Miocäns (White River beds) über, Tieren, die den Elefanten nur wenig an Größe nachgaben und einen niedrigen, langgestreckten Schädel besaßen. Am vorderen Ende des Stirnbeins erheben sich über den Augenhöhlen zwei nebeneinander stehende, quer verlängerte Knochenzapfen, deren Länge und Stärke nach dem Geschlecht und Alter abgestuft sind. In Europa sind von diesen merkwürdigen Tieren, die schon im Miocän ausstarben, nur dürftige Reste bekannt.



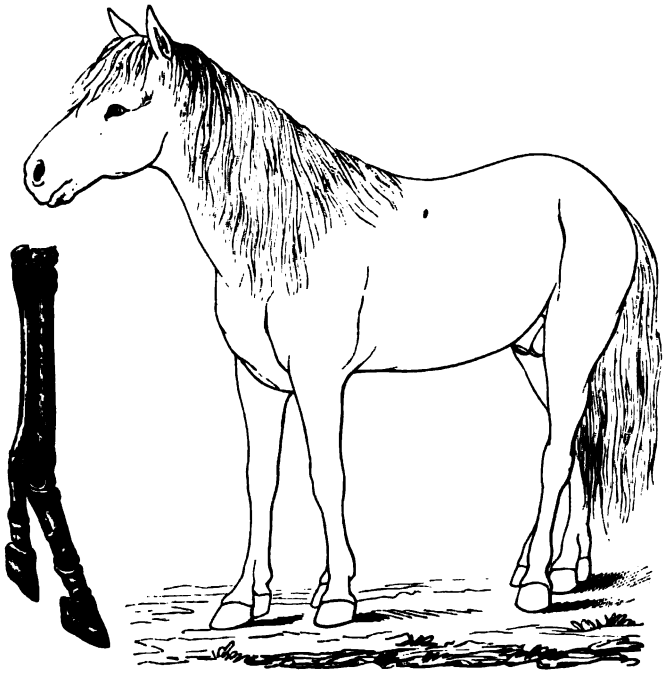
Hinterfüße von: 1) Palaeotherium, 2) Anchitherium, 3) Hippotherium und 4) Pferd.

Weitaus das größte Interesse unter den Unpaarhufern, ja wohl unter allen Formenreihen der Säugetiere nimmt die Entwickelung des Pferdestammes in Anspruch, des einzigen Zweiges der Unpaarhufer, der ein modernes Gepräge angenommen, sich modernisiert hat und infolgedessen noch lebens- und fortbildungskräftig dasteht, während seine wenigen noch überlebenden Verwandten, Tapir und Rhinozeros, dem Aussterben ziemlich nahe scheinen. Besser als an irgend einer anderen Stelle treten hier weitgehende Veränderungen in mehrfachen Abstufungen allmählich ein. Schon vor langer Zeit wies der ausgezeichnete englische Anatom und Paläontolog Richard Owen auf diese Umgestaltungen hin. Als primitivste Form des Pferdestammes wurde in Europa Palaeotherium medium aus dem oligocänen Pariser Gips angesehen, ein dreizehiges, tapiroides Tier, bei dem die mittlere Zehe zwar am stärksten hervortritt, aber die beiden anderen doch noch kräftig genug entwickelt sind und den Boden berühren. Ihm folgt im Miocän Anchitherium, dessen mittlere Zehe größer ist, während die Seitenzehen verkleinert sind und den Boden nicht mehr berühren. Bei dem altpliocänen Hippotherium sind die Seitenzehen schon zu kleinen Rudimenten reduziert; und bei dem Pferd endlich sind davon nur noch die schwachen Mittelfußknochen vorhanden (s. obenstehende Abbildung). Merkwürdigerweise gibt es, allerdings sehr selten, von unserem Pferd Individuen, die an den Vorderfüßen, manchmal auch

Digitized by Google

an den Hinterfüßen je eine oder auch zwei schwache Seitenzehen zeigen, wie sie bei Hippotherium normal sind: offenbar ein Fall von Atavismus, ein Rückschlag auf die alte Stammform (siehe die untenstehende Abbildung).

Gleichzeitig mit dieser Reduktion der Füße wird das Gebiß umgestaltet. Aus den kurzen, gewurzelten Molaren des Palaeotherium entwickeln sich lange, säulenförmige Zähne, die anfangs in dem Maße nachwachsen, wie sie abgekaut werden, und erst im Alter Wurzeln bilden, und aus dem ursprünglich einfach schmelzfaltigen entsteht allmählich ein zusammengesetzter Zahn, dessen verwickelte Schmelzfalten der Abnutzung durch die harte Pflanzennahrung besser widerstehen. Außerdem ist den meisten Pferden der erste Prämolar verloren gegangen; bisweilen aber tritt er als ein kleines rudimentäres Gebilde auf: der sogenannte Wolfszahn.



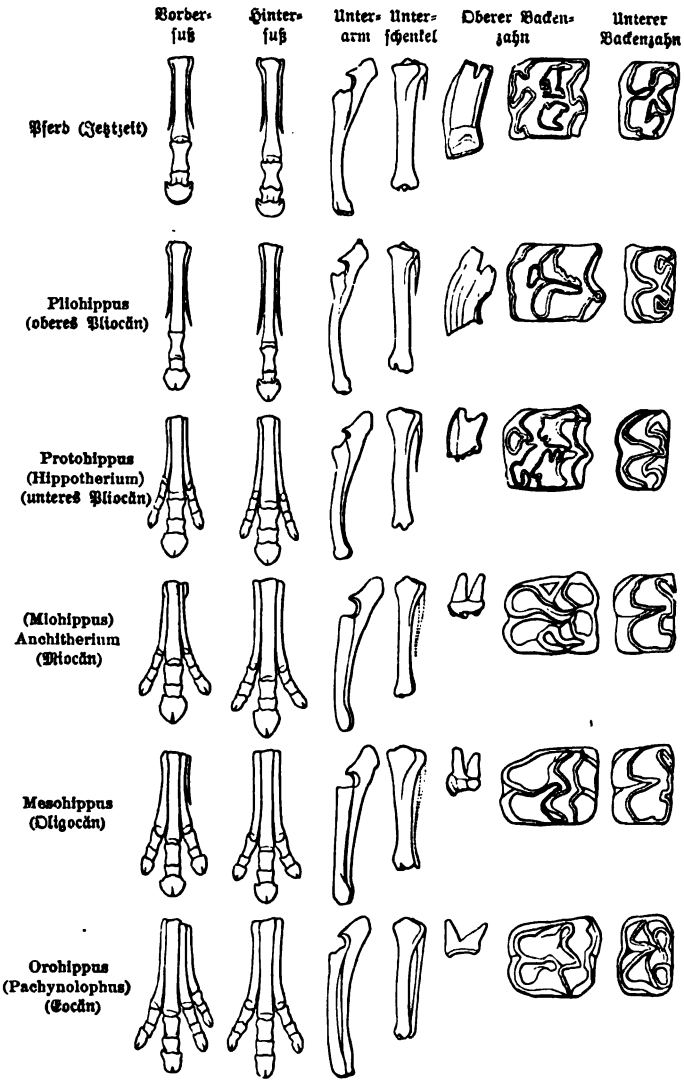
Lebendes Pferd mit überzähligem Huf. Daneben sein Fußskelett. (Nach Marsh.)

In Amerika ist die Reihenfolge der Stammgruppe der Pferde noch etwas reicher als in Europa. Den Ausgangspunkt bildet die im ältesten Eocän auftretende Gattung Phenacodus mit 5 Zehen (vgl. oben, S. 337). In wenig jüngeren Schichten erscheinen Hyotherium und Eohippus, dieser mit vier Zehen und dem Rudiment einer fünften am Vorderfuß und mit drei Zehen am Hinterfuß. Dann folgt Orohippus oder Pachynolophus, mit vier Zehen vorn und drei hinten, weiter Epihippus und Mesohippus, ein ungefähr dem europäischen Palaeotherium medium entsprechendes Entwickelungsstadium, Anchitherium (Miohippus), dann Protohippus und Merychippus, begleitet von Hipparion (Hippotherium). Zwischen dieses und das Pferd schiebt sich im oberen Pliocän Amerikas noch Pliohippus ein, die älteste Gattung mit zugespitzten Griffelbeinen und fehlenden Seitenzehen; doch kommen ähnliche einhufige Formen auch in den jüngeren Sivalik-Bildungen Indiens vor. Die Eigentümlichkeiten der amerikanischen Ahnenreihe des Pferdes ergeben sich von selbst aus den Abbildungen, S. 345, die Hand und Fuß, Unterarm und Unterschenkel, endlich Molaren des Ober- und Unterkiefers in schematischer Darstellung zeigen: eine Reihenfolge, die das thatsächliche Vorhandensein einer Stammlinie beweist.

Vergleichen wir die europäische mit der amerikanischen Reihe, so finden wir, daß sich die einzelnen Glieder in beiden Gebieten nicht vollständig decken. Dies hat zu der auch jetzt noch nicht ganz verdrängten Auffassung geführt, als hätten sich die Pferde in beiden Gebieten selbständig aus verschiedenen Grundformen herausgebildet: die Gattung Equus wäre diphyletisch, als gleichartiges Endprodukt einer parallelen Entwickelung zweier getrennter Stämme, entstanden.

Digitized by Google

Aus Gründen allgemeiner Natur, deren Besprechung über den Rahmen dieses Werkes hinausginge, ist eine diphyletische oder polyphyletische Entstehung der Gattungen unmöglich. Überdies ist jetzt erwiesen, daß die Gattungen der europäischen Pferdereihe mit amerikanischen zusammenfallen. Die Ursache der scheinbaren Verschiedenheit des sogenannten europäischen und des amerikanischen Pferdestammbaumes ist anderswo zu suchen. Da den eigentlichen Entwickelungsherd der Pferde die weiten Ebenen Nordamerikas bildeten, ist hier eine viel größere Anzahl von Zwischenstufen vorhanden. Was wir in Europa davon haben, sind nur gelegentliche, versprengte Einwanderer, die sich wohl zeitweilig in Europa rasch ausbreiten und heimisch werden konnten, wie das Anchitherium im Miocän, aber später wieder verschwanden. Nur ein kleiner Seitenzweig scheint sich selbständig in Europa entwickelt zu haben: die Paläotherien, die an die eocänen Hyracotherien anknüpfen und im Oligocän ohne Nachkommen aussterben. Sie gehören also gar nicht in die direkte Linie des Pferdestammes. Auch Hipparion, das in der Entwickelung des Gebisses dem Pferde voraneilt, in der Reduktion der seitlichen Zehen dagegen zurückbleibt, dürfte aus der Ahnenreihe auszuschalten und als ein von Merychippus ausgehender, in Europa, Asien und Nordamerika weit verbreiteter Seitenzweig des Pferdestammes zu betrachten sein.



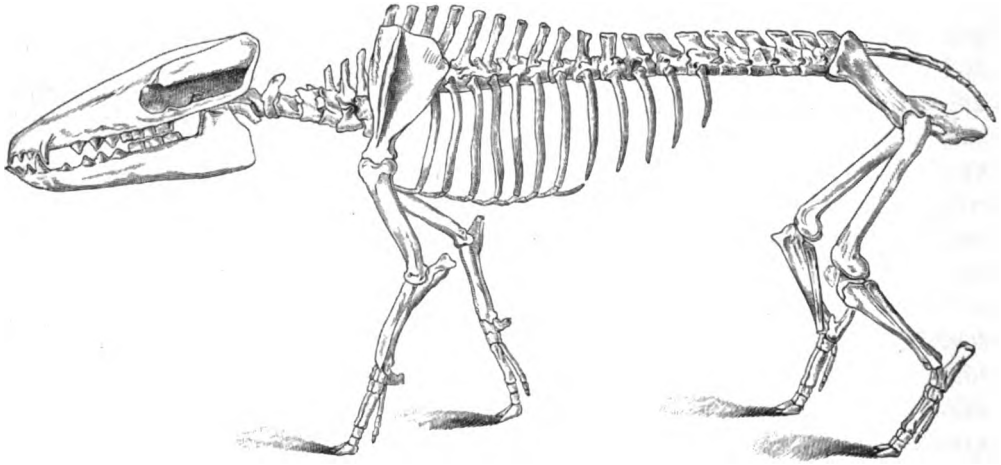
Die amerikanische Stammreihe der Pferde. (Nach Marsh.)
Vgl. Text, S. 344.

Herrschte im älteren Tertiär der Stamm der Unpaarhufer, so tritt im jüngeren Tertiär der der Paarhufer an seine Stelle; zwar fehlen diese im Eocän und Oligocän ebensowenig wie jene in den späteren Zeiten; aber die erste Stelle unter den Pflanzenfressern geht von den Unpaarhufern auf die Paarhufer über, und vor allem treten die Wiederkäuer, die Hirsche, Antilopen, Schafe, Ziegen und Rinder, in den Vordergrund. Dennoch kann man in der Gruppierung der

Digitized by Google

jetzt lebenden Formen bei beiden einen merkwürdigen Parallelismus beobachten. In beiden Ordnungen finden wir eine isolierte Form, in der sich mit nur unbedeutenden Änderungen der in alten Ablagerungen herrschende Typus erhalten hat: Tapir auf der einen, Flußpferd auf der anderen Seite. In beiden Ordnungen erscheint eine formenreichere Gruppe, die jener ersten verwandt, aber doch stärker abgeändert und im Fußbau reduziert ist, in der Form der Backenzähne komplizierter wird: Nashörner und Schweine. Und endlich haben wir auf beiden Seiten eine hoch entwickelte Gruppe: Pferde und Wiederkäuer.

Der Unterschied zwischen Schweinen und Wiederkäuern, wie sie uns heute entgegentreten, ist sehr scharf. Die Schweine haben vollständiges Gebiß, den Wiederkäuern fehlen im Oberkiefer Eck- und Schneidezähne, oder sie sind nur schwach und nicht in voller Zahl entwickelt (bei Moschustieren und Kamelen); jene haben höckerige Backenzähne, bei diesen bestehen sie aus Halbmondfalten. Endlich ist der Fuß bei den Wiederkäuern auf zwei Zehen reduziert (mit Ausnahme der



Anthracotherium magnum, restauriert. (Nach Kowalevsky.) Vgl. Text, S. 348.

Moschustiere) und die Mittelhandknochen der zwei vorhandenen Zehen (der dritten und vierten) miteinander zu einem kompakten Knochen, dem Kanonenbein, verschmolzen, während die Schweine vier Zehen haben und nur beim Pekari eine Verwachsung in Mittelhand und Mittelfuß begonnen hat. Dazu gesellt sich noch ein Magen, der das Wiederkäuen gestattet, was aber natürlich für den Paläontologen ohne Bedeutung ist, da sich fossile Spuren davon nicht erhalten können.

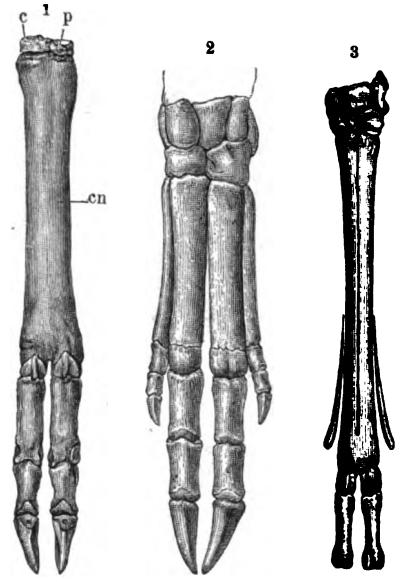
Verfolgen wir die Wiederkäuer in ältere Ablagerungen zurück, so stellt sich vollkommenes Gebiß ein, das Kanonenbein löst sich in zwei Stücke auf, vier Zehen sind vorhanden, aber die Gestalt der Backenzähne erhält sich bis in alte Tertiärbildungen. Da also für den ganzen Stamm die Form der Molaren charakteristisch ist, bezeichnet man die ganze Entwickelungsreihe, die in den Wiederkäuern gipfelt, als die der Halbmondzähner oder Selenodonten und stellt ihnen die Schweine und ihre Verwandten als Höckerzähner oder Bunodonten gegenüber.

Kein Zweifel, daß die Bunodonten den ursprünglicheren Typus darstellen. Schon unter den alten, fünfzehigen Condylarthren der Puercogruppe in Amerika finden sich Formen, die sich im Gebiß und in der Fußbildung dem Schweinestamm nähern (Periptychiden), und in späteren eocänen Bildungen treten dann echte Bunodonten auf (Achaenodon, Pantolestes), aus denen sich allmählich die Schweine entwickelt haben. Typen dieses Stammes sind zwar im älteren Tertiär ziemlich spärlich; doch kennen wir solche in Choeropotamus und einigen anderen. Von

Digitized by Google

ihnen führt dann die Reihe durch die Gattungen Palaeochoerus und Hyotherium zu den im unteren Pliocän zuerst vorkommenden echten Schweinen. Kompliziertere Backenzähne und etwas vereinfachter Fußbau charakterisieren diesen verhältnismäßig konservativen Stamm. Ein noch weiter entwickeltes Gebiß als bei den eigentlichen Schweinen finden wir bei der afrikanischen Gattung Phacochoerus, die fortwährend wachsende Zähne auszubilden beginnt, während bei dem amerikanischen Pekari (Dicotyles) die Füße stärker reduziert sind und die Mittelfußknochen der dritten und vierten Zehe zu verschmelzen anfangen. Allerdings ist die Veränderung nicht bei allen schweineähnlichen Tieren so langsam vor sich gegangen: schon im Oligocän treten in Elotherium (Entelodon, Archaeotherium) Formen auf, bei denen nur zwei Zehen vorhanden sind. Aber bei diesen ist die Vereinfachung inadaptiv erfolgt, und wie alle Tiere, bei denen dies der Fall ist, sterben auch diese bald ohne Nachkommenschaft aus (vgl. S. 324).

Neben diesen abgeänderten Formen stellt uns das Flußpferd oder Hippopotamus einen fast ganz ursprünglichen Typus dar. Die Füße sind kaum reduziert, und auch die Backenzähne besitzen die ursprüngliche vierhöckerige Gestalt; die Eckzähne bilden mächtige Hauer, während die Schneidezähne gerade nach vorn gerichtet sind. Die geologisch älteren Hippopotamen aus den Sivalikablagerungen Indiens und aus Algerien haben sechs Schneidezähne (Hexaprotodon), die im jüngsten Tertiär und im Diluvium Europas vorkommenden und die lebenden Arten nur vier (Tetraprotodon). Während die Flußpferde jetzt auf die Ströme und Seen Afrikas beschränkt sind, war die Verbreitung in einer (geologisch gesprochen) jungen Vorzeit viel größer. In England, Frankreich, Süddeutschland, Italien und in der Türkei tritt im jüngsten Tertiär und ältesten Diluvium eine Art auf (Hippopotamus major), die von vielen für identisch mit dem jetzt lebenden großen Flußpferd Afrikas (Hippopotamus amphibius) gehalten wird. Auf Sizilien, Malta und Kreta finden sich häufig Reste einer kleinen Art (Hippopotamus Pentlandi), die vielleicht mit dem kleinen Flußpferd aus Liberia in Westafrika verglichen werden kann; und außerdem sind andere Formen aus Indien und Madagaskar bekannt. Von Interesse ist das Vorkommen von Hippopotamen in sehr jungen Ablagerungen kleinerer Inseln, auf denen heute deren Existenz unmöglich wäre, wie auf Malta und in den Geröllablagerungen trockener Hochebenen auf Kreta. Sie beweisen, daß hier in einer sehr jungen Zeit noch bedeutende Flüsse oder Seen existiert haben müssen, deren Vorhandensein bei den heutigen Umrissen des Landes unmöglich wäre, daß Malta und Kreta noch vor kurzem Teile größerer kontinentaler Massen waren, und daß, wie aus anderen Anhaltspunkten mit Bestimmtheit hervorgeht, jenes noch in diluvialer Zeit mit Afrika, dieses mit Kleinasien zusammenhing.



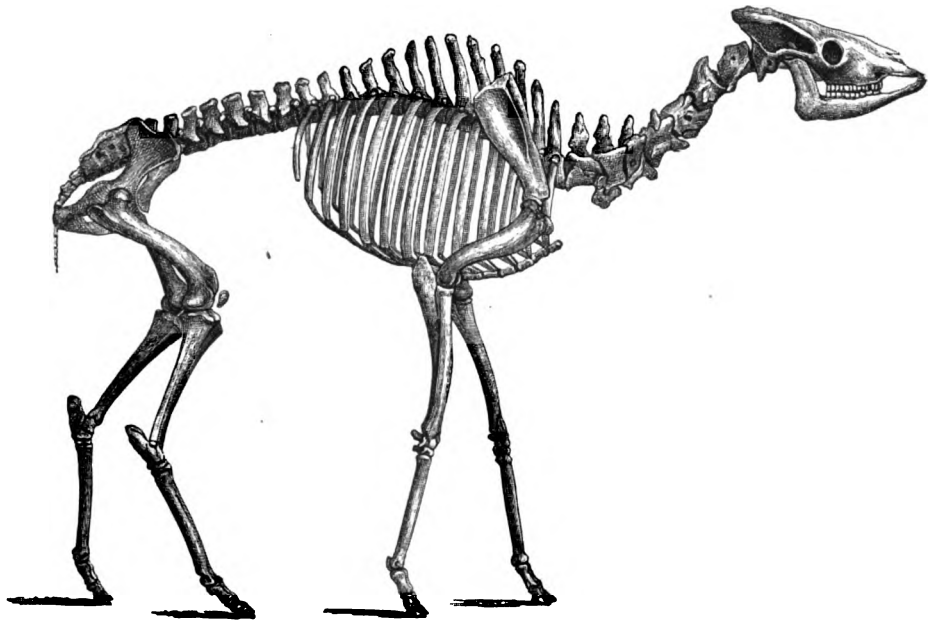
1) Hand eines Schafes; cp Handwurzel, cn Kanonenbein; 2) Hand von Hyaemoschus; 3) Hirsch. Vgl. Text, S. 350.

Schon frühzeitig zweigen sich vom Paarhuferstamm oder unmittelbar von gewissen Formen der Condylarthren Typen ab, die in der Bildung der Backenzähne zwischen Selenodonten und Bunodonten in der Mitte stehen. Bei dieser „seleno-bunodonten" Zahnform sind die Halbmonde außerordentlich wulstig und dick und verlieren dadurch an Deutlichkeit: sie sind von einem Halbmond gekrönte Höcker. Hierher gehört die Familie der Anthracotheriden mit den

Digitized by Google

Hauptgattungen Anthracotherium und Ancodus (Hyopotamus). Die Füße sind vierzehig, nur wenig, aber inadaptiv reduziert, und daher ist auch die ganze Gruppe ohne Nachkommen ausgestorben. Ein Beispiel für die allgemeinen Verhältnisse dieser Tiere mag uns die Gattung Anthracotherium geben, die in den oberoligocänen Kohlenablagerungen Europas verbreitet ist. Die größten Arten dieser Gattung erreichen die Dimensionen eines Flußpferdes, obwohl sie in den Verhältnissen des Körpers von diesem wesentlich abweichen; hierin stehen sie dem Schweine wohl unter allen Tieren am nächsten. Wir können uns unter Anthracotherium magnum (s. Abbildung, S. 346) ein riesiges Wildschwein mit abgeflachtem Schädel ohne Hauer vorstellen.

Eine zweite Formengruppe mit meist noch dicken Halbmonden der Backenzähne (selenobunodont) sind die Anoplotheriden. Auch hier sind die Zähne noch in ihrer vollen Zahl vor-



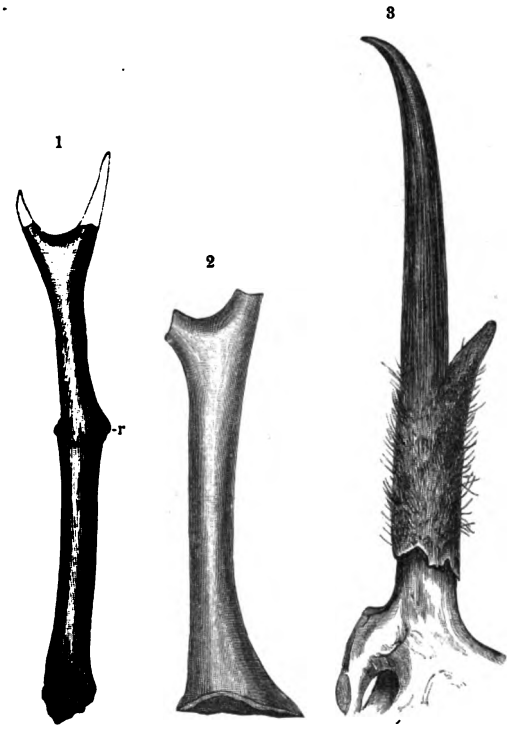
Helladotherium Duvernoyi, ein giraffenartiges Tier aus dem unteren Pliocän von Pikermi bei Athen. (Nach Gaudry.)
Vgl. Text, S. 352.

handen, an den Füßen aber existieren, wie bei den Wiederkäuern, nur noch zwei Zehen oder von 1—2 Seitenzehen nur noch unbedeutende Reste. Bei vielen von ihnen geht die Verminderung der Zehen inadaptiv vor sich, so daß mit den Seitenzehen auch deren Wurzelknochen schwinden, ohne von den zurückbleibenden zwei Hauptzehen okkupiert zu werden. Auch diese Tiere gehören alle dem älteren Tertiär, namentlich dem oberen Eocän und dem unteren Oligocän, an. Gleich den heutigen Wiederkäuern waren sie offenbar ausschließlich Pflanzenfresser und scheinen in großen Herden gelebt zu haben. Im Pariser Becken tritt Anoplotherium zahlreich auf, ein langschwänziges Tier von der Größe eines Hirsches oder Rehes, mit schwach entwickelten Eckzähnen und ohne irgend welche Angriffs- und Verteidigungswaffen, ferner das gazellenartige, schlanke Xiphodon, bei dem wie bei dem lebenden Moschustier die Eckzähne des Oberkiefers stark vorsprangen. Diese Gattungen gehören zu den am frühesten durch Cuviers klassische Untersuchungen bekannt gewordenen Säugetieren der Vorzeit. Mit einer Reihe verwandter Typen mochten sie in den obereocänen und unteroligocänen Wäldern Europas die Rolle spielen, die heute den Hirschen und Rehen zukommt. Die Mehrzahl dieser Formen hat sich nicht als fortbildungsfähig erwiesen, sie

Digitized by Google

erloschen als unfruchtbarer Ast am Stammbaum der Huftiere. Nur die Gruppe der Dichobuninen macht eine Ausnahme. Von ihnen stammen nicht nur Xiphodon und die kleinen Cänotherien, sondern auch die großen, reich entwickelten Hauptgruppen der Selenodonten. Bevor wir uns aber diesen zuwenden können, müssen wir noch rasch einen Blick auf zwei ähnlich gestaltete Familien werfen: die Oreodontiden und die Kamele.

Früher hat man angenommen, daß die Kamele von den Oreodontiden abstammen. Allein die Kamele weichen im Gebiß ab und verschmelzen frühzeitig die Mittelfußknochen. Immerhin besteht eine gewisse Verwandtschaft. Die Oreodontiden haben bei deutlich selenodonten Zähnen noch sehr primitiv gestaltete Extremitäten. Als älteste Gattung erscheint im Oligocän von Uinta und Wyoming Protoreodon mit fünfzehigen Vorderfüßen und vollständigem Gebiß von 44 Zähnen. An das miocäne Oreodon schließt sich in jüngeren Schichten eine ziemliche Anzahl plump gebauter tapirähnlicher Formen an, die offenbar in Rudeln sumpfige Niederungen bewohnten. Im Unterpliocän (Loup-Fork-Gruppe) stirbt diese ausschließlich nordamerikanische Familie aus, also wieder ein unfruchtbarer Zweig des Paarhuferstammes.



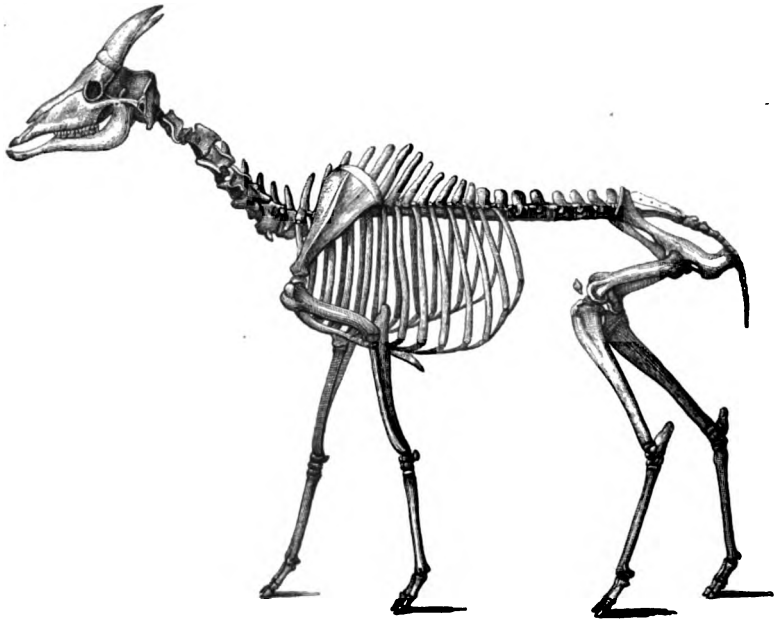
1) Geweih eines tertiären Gabelhirsches, mit sehr langem Rosenstock und sehr schwacher, hoch gelegener Rose (r). (Nach Kaup.) 2) Geweih eines miocänen Gabelhirsches, ohne Rose. (Nach Gaudry.) 3) Gehörn eines jungen Gabelbockes (Antilocapra americana). (Nach Murie.) Vgl. Text, S. 352 und 353.

Auch die Kamele oder Tylopoden sind ein spezifisch nordamerikanischer Stamm: die ältesten Vertreter im Eocän und Miocän finden sich ausschließlich in der Neuen Welt. Im Pliocän wurde der Stamm zersprengt: in Asien und Afrika gibt es nun Kamele und Dromedare, in Südamerika Lamas. Obwohl in mancher Beziehung die Kamele den Wiederkäuern nahestehen und oft mit diesen vereinigt werden, unterscheiden sie sich doch durch das Vorhandensein von Schneidezähnen im Oberkiefer, durch die Form des Schädels, das Fehlen des sogenannten Blättermagens und endlich in der Bildung der Füße. Wahrscheinlich treffen sie erst in alteocänen buno-selenodonten Formen, wohl in Pantolestes, mit den Wiederkäuern zusammen. Die geschlossene Reihe kennen wir von Homacodon an; an diese Form schließt sich der kleine vierzehige Leptotragulus, mit getrennten Mittelfußknochen. Ihnen folgen im Miocän etwas vorgeschrittenere, aber noch immer kleine Formen, wie Poëbrotherium, bei denen zwar das Gebiß noch vollständig und die Mittelfußknochen getrennt, die seitlichen Zehen aber bereits verkümmert sind und der Schädel schon alle Merkmale der echten Kamele erkennen läßt. Im obersten Miocän und im unteren Pliocän reihen sich die Protolabinen an, die außer den bezeichnenden Skelettmerkmalen schon die Größe der modernen Arten erworben haben, aber im Gebiß noch auf der ursprünglichen Stufe zurückgeblieben sind. Nachdem dies letzte Stadium, die Reduktion des Gebisses, im Pliocän erreicht ist, wird zugleich dieser bis dahin spezifisch nordamerikanische Stamm ausgesprengt. Die unmittelbaren Vorfahren kennt man indessen nur von den Lamas; Homocamelus, der früher als Ahne

Digitized by Google

der Kamele gegolten hatte, erwies sich als Ausgangspunkt einer in Nordamerika ausgestorbenden und ziemlich unbedeutenden Seitenlinie.

Weitaus am wichtigsten unter allen Paarhufern ist der formenreiche Stamm der echten Wiederkäuer, der in der Jetztwelt die Moschustiere, Hirsche, Giraffen und die Hohlhörner (Antilopen, Ziegen, Schafe und Rinder) umfaßt. Kurz vor der Mitte der Tertiärzeit treten sie vereinzelt auf und verdrängen in kurzer Zeit alle übrigen halbmondzähnigen Huftiere, mit Ausnahme der sich ihnen eng anschließenden Kamele, so daß sie im jüngeren Tertiär und in der Jetztzeit unter den Pflanzenfressern vorherrschen. Umgestaltungsfähigkeit des Gebisses und adaptive Reduktion der Füße verleihen ihnen ein gewaltiges Übergewicht über alle ihre Stammverwandten.



Tragoceras amaltheus, von Pikermi bei Athen, eine Zwischenform zwischen Antilopen und Ziegen. (Nach Gaudry.) Vgl. Text, S. 353.

Von Merkmalen der Wiederkäuer ist das Fehlen der Schneidezähne im Oberkiefer zu nennen; bei der großen Mehrzahl sind auch die Eckzähne des Oberkiefers verschwunden. Vorn im Unterkiefer dienen acht spatelförmige Zähne zum Abreißen der Pflanzen; dann folgen, durch eine Zahnlücke getrennt, die Backenzähne, meist sechs. Schwierig zu deuten sind die acht Spatelzähne des Unterkiefers, da man außer bei Beuteltieren nie mehr als sechs Schneidezähne findet. Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, daß bei den Wiederkäuern die unteren Eckzähne Spatelform angenommen haben, und es sind in Wirklichkeit jederseits drei Schneidezähne und ein Eckzahn. In der Fußbildung ist die adaptive Reduktion auf zwei Zehen und die Verschmelzung der Mittelfußknochen dieser Zehen zu einem Kanonenbein wichtig, obwohl sie nicht bei allen Formen gleichweit gediehen ist (s. Abb., S. 347): bei den geologisch ältesten Vertretern ist sie noch nicht ganz vollzogen, und in der Jetztwelt hat sich in den Moschustieren und deren Verwandten eine kleine Tiergruppe erhalten, die mehr oder weniger auf dem Stande ihrer oligocänen und miocänen Vorfahren geblieben ist.

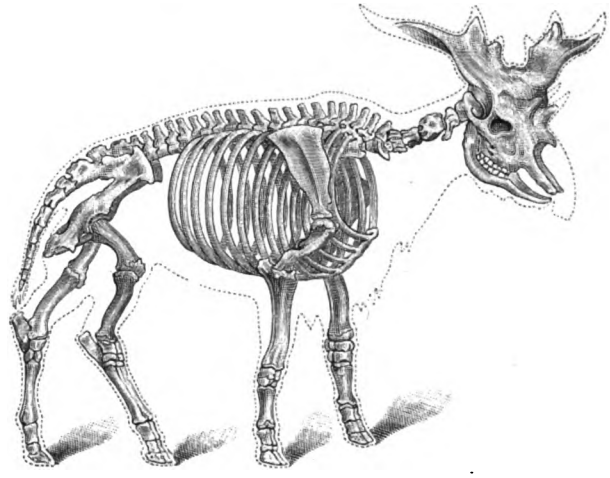
Im allgemeinen läßt sich die Entwickelung der Wiederkäuer mit wenigen Worten so darstellen, daß sich zuerst hirschähnliche Tiere mit noch unvollständig reduzierten Füßen, mit starken Eckzähnen im Oberkiefer und ohne Geweih zeigen, die ihre wenig veränderten Nachkommen heute in den Moschustieren haben. Aus diesen entwickeln sich geweihlose und dann geweihtragende Hirsche; von diesen zweigen die Antilopen ab, von denen ihrerseits wieder Schafe, Ziegen und Rinder herstammen. Außerdem sind noch einige abweichende Gruppen, Giraffen und Sivatherien,

Digitized by Google

zu erwähnen. Als die Stammform aller Wiederkäuer werden von Schlosser die oben erwähnten Dichobunen aus dem Eocän und dem unteren Oligocän betrachtet, kleine Tiere mit vier Zehen und mit vollständigem Gebiß, das im Bau der Molaren dem Höckertypus nahesteht.

Unter den geologisch alten moschusähnlichen Stammwiederkäuern sind namentlich Gelocus, Prodremotherium und Hyaemoschus zu nennen. Bei der im Fußbau am wenigsten reduzierten Gattung, dem noch lebenden Hyaemoschus, sind außer den beiden Hauptzehen noch zwei vollständige, wenn auch kleine Seitenzehen vorhanden, und eine Verwachsung der Mittelfußknochen findet an den Vorderfüßen gar nicht, an den Hinterfüßen nur im Alter statt. Die übrigen Formen bilden Zwischenstufen, die uns zur typischen Entwickelung des Wiederkäuerfußes hinüberführen.

Die Hirsche unterscheiden sich von den bisher besprochenen Formen durch volle Entwickelung des Kanonenbeins, geringe Größe oder vollständiges Fehlen der oberen Eckzähne und durch gewisse Einzelheiten des übrigen Zahnbaues. Das augenfälligste Merkmal der jetzt lebenden Hirsche, das Geweih, fehlt einigen der geologisch älteren Formen. Von Antilopen, Schafen und Rindern sind die Hirsche, abgesehen von dem Geweih, namentlich durch den gestreckten Schädel und die Backenzähne verschieden, die bei den Hirschen nicht so lang sind und frühzeitig Wurzeln bilden. Außerdem sind die Zähne bei ihnen nicht wie Säulen geformt, sondern unten breit und oben schmal und tragen an der Basis eine kleine Warze; accessorische Säulen fehlen.



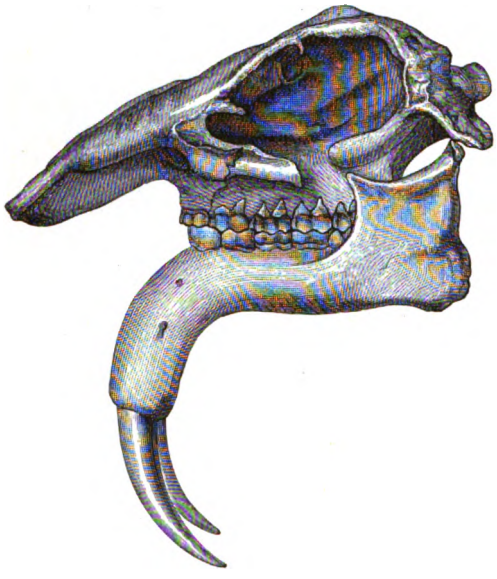
Sivatherium, aus den Sivalikbildungen Ostindiens. Skelett restauriert. (Nach Murie.) Vgl. Text, S. 354.

In der alten Hirschgattung Palaeomeryx vereinigen sich Arten mit und ohne Geweih; dessen Entwickelung ist von Interesse. Das Geweih, bei den meisten Arten nur beim Männchen, beim Renntier auch beim Weibchen vorhanden, besteht aus einem soliden Hautknochen, der einem Knochenfortsatz der Stirn, dem Rosenstock, aufsitzt; das eigentliche Geweih hat unten, wo es dem Rosenstock aufsitzt, eine kranzförmige Verdickung, die Rose. Das Geweih wird alle Jahre samt der Rose abgeworfen. An seine Stelle tritt zunächst eine weiche, an Blutgefäßen reiche Erhabenheit, die fortwächst und das neue Geweih bildet, das endlich erstarrt und verknöchert; später trocknet auch die umgebende Haut ein und wird abgestoßen. Damit ist der Neubildungsprozeß vollendet. Beim Edelhirsch tritt zuerst eine einfache Stange auf: er wird nun ein Spießer genannt. Nach dem ersten Wechsel tritt an der Stange ein Nebenzacken auf: nun ist er ein Gabler. Im dritten Jahre erscheinen zwei Seitenzacken oder Enden, und weiterhin vermehrt sich die Zahl der Enden noch durch einige Jahre um je eins auf jeder Seite. Nicht alle Hirsche erreichen so hohe Entwickelung des Geweihes. Der Muntjak der malayischen Region bleibt sein ganzes Leben hindurch ein Gabelhirsch. Dieselbe Entwickelung finden wir auch bei den geologisch ältesten Hirschen, die Geweih tragen: Palaeomeryx bleibt immer ein Gabler, während etwas später Hirsche mit zwei Seitenzacken am Geweih, einem Sechsender oder dem erwachsenen Axishirsch Indiens entsprechend, auftreten. Im jüngeren Pliocän finden sich sogar Hirsche, die an mächtiger Entwickelung des Geweihes selbst den amerikanischen Wapiti übertreffen.

Digitized by Google

Nach dem Bau des Schädels und des Gebisses schließen sich den Hirschen die ziemlich isolierten Giraffen (Camelopardalis) an, die, jetzt nur in Afrika vorkommend, in Resten sich auch in den ältesten Pliocänbildungen Europas finden. Die Art von Pikermi in Griechenland übertrifft durch Schlankheit der Glieder selbst ihre jetzt lebenden Verwandten. Zusammen mit den Giraffen findet sich im unteren Pliocän noch ein anderes verwandtes Tier, das Helladotherium (s. Abbildung, S. 348), dem die außerordentliche Höhe des Vorderteils und die enorme Länge des Halses fehlt, und das daher die Giraffen den übrigen Wiederkäuern näher bringt.

Die höchste Abteilung der Wiederkäuer bilden die Hohlhörner oder Cavicornier: Antilopen, Schafe, Ziegen und Rinder. Ihnen sind vor allem Hörner eigentümlich, die sich von den Geweihen der Hirsche wesentlich unterscheiden. Bei den Hohlhörnern setzt sich nicht auf einen kurzen Knochenzapfen des Schädels ein Hautknochen, der jährlich gewechselt wird, sondern die Knochenzapfen des Schädels sind groß und stark entwickelt und werden von einer einfachen Hornscheide überzogen, die nicht gewechselt wird. Außerdem ist der Schädel nicht so gestreckt und allmählich verschmälert wie bei den Hirschen. Dem Gebiß fehlen die Eckzähne stets, die Backenzähne sind länger, mehr säulenförmig, sie wachsen länger fort und setzen erst später Wurzeln an, die Kaufläche ist komplizierter, dagegen sind die Basalwülste der Hirsche nicht oder nur schwach entwickelt. Obwohl die Unterschiede im Gebiß und namentlich in den Backenzähnen wichtig, ja vielleicht von größerer Bedeutung als die in der Bildung von Geweih und Horn sind, so scheiden sie doch die beiden Abteilungen der Hirsche und der Hohlhörner nicht streng genug. Unter den Antilopen gibt es eine Anzahl von Formen, z. B. die Gazellen, deren Backenzähne denen der Hirsche noch nahe stehen; und diese Ähnlichkeit weist auf Verwandtschaft beider Gruppen, vermutlich auf Abstammung der Antilopen von geologisch alten hirschähnlichen Tieren hin. Wird nun auch in der Bildung des Gehörns ein Übergang oder wenigstens eine Annäherung beider Typen bemerkbar? In der That. Bei den miocänen Gabelhirschen der Gattung Dicroceras (s. Abbildung, S. 349, Fig. 1), ist in der Regel der Hornzapfen des Geweihes lang, der Rosenstock schwach. Außerdem kommen aber unter den ältesten Hirschen in den miocänen Sandablagerungen der Umgebung von Orléans nach Gaudry auch Formen vor, deren Geweih keine Rose trägt, sondern einen homogenen Knochenfortsatz des Schädels bildet, bei denen also ein jährlicher Wechsel nicht stattgefunden zu haben scheint (s. Abb., S. 349, Fig. 2). Solche Tiere sind auch anderwärts, namentlich in Nordamerika, fossil gefunden worden, und offenbar haben wir in solchen Gebilden, die sonst ganz die äußere Gestalt von Hirschgeweihen zeigen, ein Bindeglied zwischen beiden Gruppen, nicht etwa den Stammvater der Antilopen, wohl aber eine Form, die zeigt, daß der Unterschied zwischen Horn und Geweih nicht absolut ist. Um so wichtiger ist es, daß sich bis in die Jetztzeit in dem amerikanischen Gabelbock (Antilocapra americana) ein Tier erhalten hat, das in merkwürdigster Weise die Eigentümlichkeit der Hirsche mit jener der Antilopen vereinigt. Der Gabelbock hat gezacktes Gehörn wie ein Hirsch;

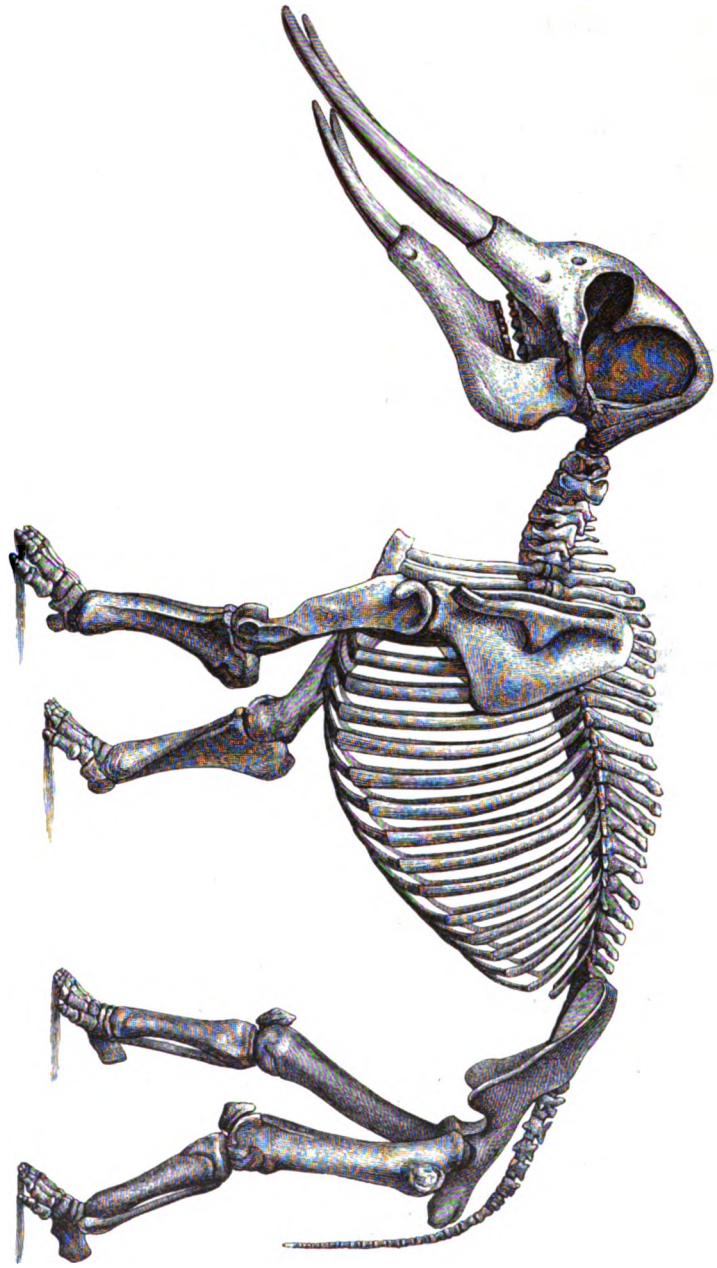


Schädel von Dinotherium giganteum, aus dem unteren Pliocän von Eppelsheim bei Mainz. Vgl. Text, S. 356.

Digitized by Google

aber dies besteht, wie bei Hohlhörnern, aus einem langen Knochenzapfen mit einer schwachen Hornscheide, die wie das Geweih eines Hirsches gewechselt wird (s. Abbildung, S. 349, Fig. 3).

Die Antilopen beginnen im Miocän und erreichen im Pliocän eine ziemlich große Entwickelung. Namentlich Griechenland scheint damals von zahllosen Herden dieser Tiere belebt gewesen zu sein: der rote Lehm von Pikermi ist stellenweise mit ihren Resten ganz erfüllt. Allerdings zeigen sie noch nicht jene außerordentliche Formenfülle, die sie heute in Afrika erreichen; doch waren sie jedenfalls die mannigfaltigste Familie der Wiederkäuer von damals.



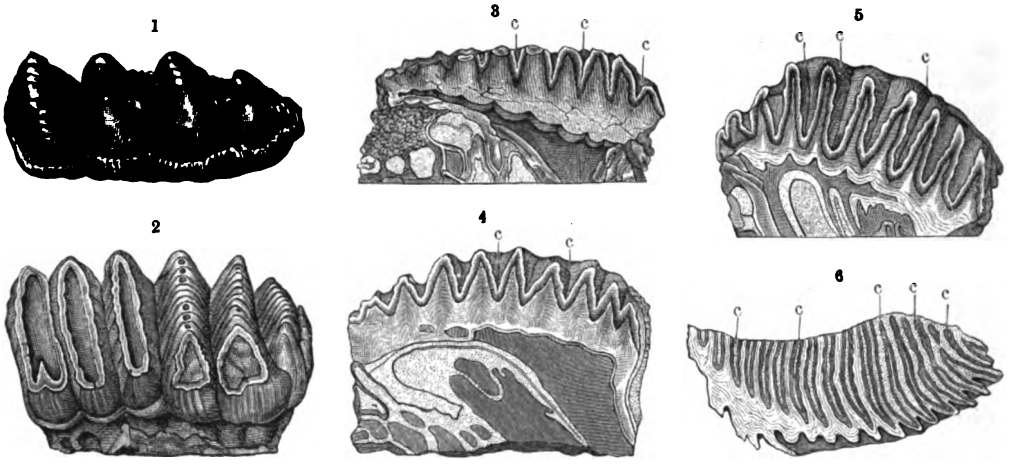
Mastodon angustidens, aus dem Miocän von Simorre (Departement Gers) in Frankreich. (Nach Gaudry.) Vgl. Text, S. 356.

Während sich manche Antilopen im Gebiß eng an die Hirsche anschließen, nähern sich andere den Schafen (mit Einschluß der Ziegen) und den Rindern, die sich offenbar aus ihnen entwickelt haben; sie bilden, wie Rütimeyer bemerkt, die Mutterlauge, aus der die übrigen Typen gleichsam auskristallisierten. So sehen wir in der altpliocänen Antilope Tragoceras amaltheus (s. Abb., S. 350) eine Form, deren Hörner nicht mehr den runden Querschnitt wie bei anderen Antilopen haben, sondern wie bei Ziegen gekantet sind, so daß man das Tier anfangs für eine Ziege hielt; und wir können sicher eine Abstammung der geologisch übrigens unwichtigen schafähnlichen Tiere von den Antilopen annehmen. Dasselbe gilt von den Rindern, die durch ihre plumpe Gestalt und durch die am stärksten komplizierten

Digitized by Google

Backenzähne von breit säulenartiger Gestalt und mit entwickelten accessorischen Säulchen ausgezeichnet sind. Die Rinder treten in Europa zuerst im mittleren Pliocän auf (Bos etruscus), erreichen jedoch bei uns im Tertiär noch keine große Bedeutung. Dagegen sind die Sivalik-Bildungen Indiens durch ihre überaus reiche Rinderfauna, die dort schon im Tertiär mannigfaltig entwickelt ist, ausgezeichnet.

Zum Schlusse mögen hier noch einige höchst sonderbare, riesengroße Tiere erwähnt werden, die, ebenfalls in den Sivalik-Bildungen gefunden, nach den indischen Gottheiten die seltsamen Namen Bramatherium, Vishnutherium und Sivatherium erhalten haben. Der mächtige, gedrungene Schädel des Sivatherium (s. Abbildung, S. 351) besitzt zwei Paare von Hörnern, die wie bei den Cavicorniern kräftige, offenbar von einer Hornscheide bedeckte Zapfen haben. Ganz vorn über den Augenhöhlen stehen zwei kurze, einfache, gerade Zapfen,



Zähne von Mastodonten und Elefanten: 1) Letzter Unterkieferbackenzahn von Mastodon angustidens; 2) oberer Backenzahn von Mastodon elephantoides (Elephas Clifti). Durchschnitt durch einen Backenzahn von: 3) Elephas Ganesa, 4) Elephas insignis, 5) Elephas planifrons, 6) Elephas indicus; c Zahnzement. (Nach Gaudry.) Vgl. Text, S. 357.

während das hintere Paar außerordentlich groß, flach gedrückt ist und abstehende Zacken hat, so daß es etwas an den amerikanischen Gabelbock erinnert. Aus der Gestalt des Schädels wollte man auf das Vorhandensein eines kurzen Rüssels schließen. Dem Bau des Schädels und der Zähne nach schließen sich diese Riesen zunächst an die Antilopen an, neben denen sie freilich durch Größe und Gestalt eine Sonderstellung einnehmen.

Eine eigentümliche Abteilung der Hufträger sind die elefantenähnlichen Tiere oder Rüsselträger (Proboscidier), mit den besprochenen Formen wahrscheinlich stammverwandt. Allerdings können wir einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen beiden nicht nachweisen, da die ersten Proboscidier, die wir kennen, erst in miocänen Ablagerungen auftreten und hier schon in zwei stark differenzierten, weit voneinander verschiedenen Gattungen, Mastodon und Dinotherium, vorhanden sind. Ihr plötzliches Erscheinen in großer Zahl und in zwei bedeutend abweichenden Typen weist darauf hin, daß sich die Proboscidier im Oligocän nicht auf dem europäischen oder nordamerikanischen Festland entwickelt haben, sondern zu Beginn des Miocäns aus einer anderen Gegend eingewandert sind. Ist aber auch ein unmittelbarer Übergang nicht zu beobachten, so fallen doch bei den geologisch ältesten Huftieren, wie Coryphodon, Phenacodus und ihren Verwandten, Elefantenmerkmale, namentlich im Bau der Füße, so sehr auf, daß ein gemeinsamer Ursprung wahrscheinlich ist.

Digitized by Google

Allen Proboscidiern ist die riesige oder mindestens bedeutende Größe, der plumpe Bau der fünfzehigen Füße (s. Abbild., S. 337, Fig. 1), der Rüssel, das Fehlen der Eckzähne und das Vorhandensein weniger zu gewaltigen Stoßzähnen entwickelten Schneidezähne gemeinsam, während in Schädel und Bezahnung große Unterschiede zwischen den einzelnen Gattungen bestehen. Diese merkwürdigen Formen waren seit ihrem Auftreten die Beherrscher der Tierwelt unserer Gegenden und blieben es bis zum Ende der Diluvialzeit, wie sie es in Indien und Afrika noch heute sind.

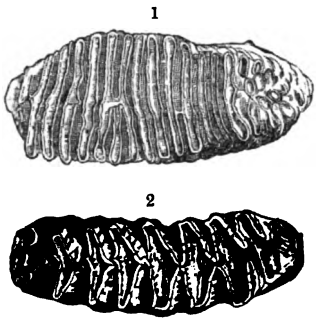
Von den miocänen Gattungen Dinotherium und Mastodon ist die erste nach der Beschaffenheit der Backenzähne und der Art, wie sich deren Wechsel vollzieht, die ursprünglichere. Überbleibsel von Dinotherium haben sich in großer Verbreitung von Westeuropa bis Indien gefunden. Weitaus die schönsten Reste dieses ungeheuern Tieres, das den jetzt lebenden Elefanten an Größe überlegen gewesen zu sein scheint, sind durch Klipstein zu Eppelsheim bei Mainz entdeckt worden: ein vollständiger Schädel mit dem Unterkiefer, dessen in 1/4 der natürlichen Größe angefertigtes Gipsmodell in den meisten Sammlungen zu sehen ist (s. Abbildung, S. 352). Leider ist dieses herrliche Stück, das für das Britische Museum angekauft war, bei dem Transporte nach London vollständig zertrümmert worden. Am meisten fällt offenbar die Form des Unterkiefers und seiner beiden Schneidezähne auf. Während beim Elefanten zwei Stoßzähne im Oberkiefer vorhanden sind, stehen sie bei Dinotherium unten, der Unterkiefer ist an der Spitze abwärts gebogen, und die beiden gewaltigen, doch hinter denen der Elefanten zurückbleibenden Schneidezähne sind ebenfalls nach abwärts gerichtet. Die Backenzähne weisen in beiden Kiefern den reinsten und ausgezeichnetsten Jochbau auf und sind, abgesehen von ihrer enormen Größe, Unterkiefermolaren von Tapir so ähnlich, daß sie von Cuvier geradezu dieser Gattung beigerechnet wurden. Wichtig für das Verständnis der ganzen Abteilung der Rüsseltiere ist der Zahnwechsel von Dinotherium. Zuerst entwickeln sich drei Milchbackenzähne, dann erscheint hinter ihnen der erste echte Molar, dann der zweite, und indem dieser aus dem Kiefer vorbricht, fallen die Milchzähne aus. Deren erster bleibt ohne Ersatz, während sich an Stelle der beiden anderen zwei endgültige Prämolaren von unten hervorschieben. Ist dies geschehen, so erscheint der dritte echte Molar ganz hinten im Kiefer, und das erwachsene Tier hat also im ganzen fünf Backenzähne in jedem Kieferast. Der Umriß des Schädels von Dinotherium ist niedriger und länger als der des Elefanten, wenn auch noch immer sehr gedrungen.

Lange Zeit hindurch kannte man von Dinotherium nur den Schädel und war daher hinsichtlich der übrigen Organisationsverhältnisse lediglich auf Vermutungen angewiesen. Dinotherium wurde als walroßartiges oder seekuhähnliches Meersäugetier gedeutet, obwohl das Vorkommen in Landbildungen dem widersprach. Die Verwandtschaft mit Rüsseltieren drängte sich bald auf. Nun untersuchte man die Gehörknöchelchen und fand sie denen des Elefanten ähnlich. Und seitdem man zahlreiche Extremitätsteile kennt, kann kein Zweifel mehr an der Zugehörigkeit zu den Rüsseltieren bestehen. Im Miocän erscheinen die Dinotherien in verhältnismäßig kleinen Formen; erst im unteren Pliocän treten sie in großer Zahl auf, und hier zeigen sich auch jene Riesen, deren gewaltige Größe uns in Erstaunen setzt. Dieser Höhepunkt der Entwickelung ist aber auch schon ihr Ende: die Gattung verschwindet aus unseren Gegenden ziemlich plötzlich, möglicherweise reichen die indischen Vorkommnisse noch in etwas höhere Schichten des Pliocäns hinauf.

Die Mastodonten stehen den Elefanten weit näher; ja, es ist schwer, überhaupt eine Grenze zu finden. Auch mit den Dinotherien haben sie manche Berührungspunkte, ohne indes so innig mit ihnen verknüpft zu sein. Wenn diese auch in der Mehrzahl der Merkmale den ursprünglichsten bekannten Typus der Rüsseltiere darstellen, so läßt sich doch aus der Bildung der Stoßzähne bestimmt nachweisen, daß die Mastodonten nicht von ihnen abstammen können, sondern daß beide aus einer gemeinsamen Grundform hervorgegangen sind. In der ganzen äußeren

Digitized by Google

Erscheinung müssen die Mastodonten den Elefanten sehr ähnlich gewesen sein (s. Abbild., S. 353). Nur war ihr Schädel nicht so hoch, und außerdem hatten wenigstens die älteren Arten sowohl im Oberkiefer als im Unterkiefer je zwei Stoßzähne, die alle nach vorn gerichtet waren. Durch seine Schneidezähne ist sogar Mastodon sicher eine ursprünglichere Form als Dinotherium: offenbar hat dieses sich aus einem Typus mit vier Schneidezähnen und mit nicht nach abwärts gebogenem Unterkiefer entwickelt; allein in der viel wichtigeren Entwickelung der Backenzähne könnte Dinotherium geradezu als der Stammvater von Mastodon gelten. Die einzelnen Backenzähne sind beim Mastodon bedeutend größer und haben zahlreichere Querjoche; bei Dinotherium sind die Molaren zwei- und dreijochig, bei Mastodon steigt die Zahl bis zu zehn, und wenn dies auch als eine Ausnahme betrachtet werden kann, so sind doch Zähne mit vier und fünf Jochen verbreitet. Außerdem sind die Joche mit zahlreichen Höckern ausgestattet, und je nachdem diese stärker oder schwächer entwickelt sind, unterscheidet man nach Vacek Zygolophodonten mit vorwiegendem Jochbau und Bunolophodonten mit vorwiegendem Höckerbau. Diese Gruppen stellen zwei Formenreihen dar, die sich nebeneinander entwickeln: im Miocän und Pliocän Europas schreiten die Bunolophodonten immer weiter vor, während die Zygolophodonten ihre Zähne nicht höher ausbilden. Um so mehr dagegen in Indien: scheinen sich doch gerade aus diesen Formen die echten Elefanten entwickelt zu haben.



Backenzahn: 1) eines Mammuts (Elephas primigenius); 2) eines afrikanischen Elefanten (Elephas africanus). (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 357.

Im Miocän Europas finden sich namentlich zwei Mastodonarten, Mastodon angustidens mit höckerigem und Mastodon tapiroides mit jochigem Zahnbau. Bei Mastodon angustidens treten wie bei Dinotherium drei Milchprämolaren in jedem Kiefer auf und werden nach ihrem Ausfall von untenher durch zwei definitive Prämolaren ersetzt, doch ehe der zweite echte Molar erscheint. Außerdem werden die Prämolaren allmählich in dem Maße, wie die echten Molaren auftreten, nach vorn aus dem Kiefer herausgeschoben, so daß beim erwachsenen Tiere nur drei Backenzähne vorhanden sind, von denen die beiden ersten drei, der letzte vier Höckerjoche trägt. Die Stoßzähne des Unterkiefers (s. Abbildung, S. 353) sind kräftig entwickelt, wenn auch schwächer als die des Oberkiefers. Wahrscheinlich hatte diese Form noch einen schwachen Rüssel, da, nach den ganz in der Mitte und dicht nebeneinander stehenden Unterkieferstoßzähnen zu schließen, kaum ein beträchtlich langer vorhanden gewesen sein dürfte. Im unteren Pliocän wird der bunolophodonte Typus durch den riesigen Mastodon longirostris vertreten. Hier sehen wir schon eine bedeutende Annäherung an den Elefantentypus. Die Unterkieferstoßzähne sind viel kleiner, nur ein Prämolar tritt von untenher an die Stelle der Milchzähne, und nicht nur dieser, sondern auch der erste echte Molar wird nach vorn aus dem Kiefer hinausgeschoben, so daß das erwachsene Tier nur zwei Backenzähne trägt. Hand in Hand damit geht auch eine bedeutende Vergrößerung der Molaren vor sich, indem die beiden ersten echten Molaren vier, der letzte fünf Joche trägt. Bei Mastodon arvernensis der höheren Pliocänschichten sind die Unterkieferstoßzähne ganz verschwunden, kein Prämolar tritt mehr von untenher an die Stelle der Milchzähne, die Molaren schieben sich alle von hinten vor, und im Alter bleibt nur der letzte davon allein im Kiefer. Hierin haben wir also schon die Charaktere von Elefanten, während die Form der einzelnen Molaren noch den Mastodontentypus trägt. Doch auch in dieser Beziehung finden wir Übergänge, wenn wir die tertiären Vorkommnisse in Indien ins Auge fassen. Hier hat schon Mastodon latidens erheblich mehr Querjoche als seine europäischen Gattungsgenossen, und bei Mastodon elephantoides ist die Zahl nicht

Digitized by Google

geringer als etwa beim afrikanischen Elefanten, während allerdings der indische Elefant und das Mammut besser ausgestattet sind (s. Abbildung, S. 354). Außerdem stellt sich bei Mastodon elephantoides auch schon zwischen den einzelnen Querjochen eine Spur von Zahnzement ein, das dann bei den Elefanten reichlicher hervortritt. Für die Mittelstellung, die diese Art zwischen beiden Gattungen einnimmt, ist es bezeichnend, daß sie von einem Forscher als ein Mastodon, von einem anderen als Elefant beschrieben worden ist. Bei den ältesten Elefanten, z. B. dem indischen Elephas Ganesa, ist die Menge des Zements nicht groß (s. Abbildung, S. 354, Fig. 3); dann aber nimmt es immer zu; und ebenso vermehrt sich die Anzahl der Joche beträchtlich. Da durch die Abkauung der Zähne der obere Teil der hohen, schmalen Joche zerstört wird, so sieht es aus, als ob der ganze Zahn aus zahlreichen nebeneinander stehenden Schmelzlamellen mit dazwischengelagertem Dentin und Zement bestünde; in Wirklichkeit aber ist jede dieser Lamellen ein angekautes Querjoch (s. Abbildung, S. 356).

Die gesamte Umgestaltung der Bezahnung bei den Proboscidiern läuft also, wie beim Stamme der Pferde und Wiederkäuer, auf eine außerordentliche Vermehrung des Zahnmaterials und auf eine riesige Steigerung des Kauvermögens hinaus, die beim Mammut wohl den höchsten Grad innerhalb der gesamten Menge der Säugetiere erreicht. Damit hängt auch offenbar zum großen Teil die Umgestaltung der Schädelform zusammen, indem für den gewaltigen Zahnapparat des Elefanten ein mächtiger Oberkieferknochen nötig war, dessen Vergrößerung zu der Höhe des Schädels wesentlich beiträgt.

In Europa reichen die Mastodonten vom Beginn des Miocäns bis weit ins Pliocän hinein. Dann verschwinden sie, und im oberen Pliocän treten an ihre Stelle die Elefanten, die im Diluvium außerordentlich verbreitet sind. In Indien dagegen sind die Elefanten schon früher da und finden sich vielfach mit den Mastodonten zusammen; in China und Japan scheint sich die Sache ähnlich zu verhalten. In Amerika endlich sind die Mastodonten im Tertiär selten und erst im Diluvium Nord- und Südamerikas häufig, während Elefanten wenig vorkommen. In dieser Zeit ist der Elefant vorwiegend das Tier der Alten, Mastodon das Tier der Neuen Welt.

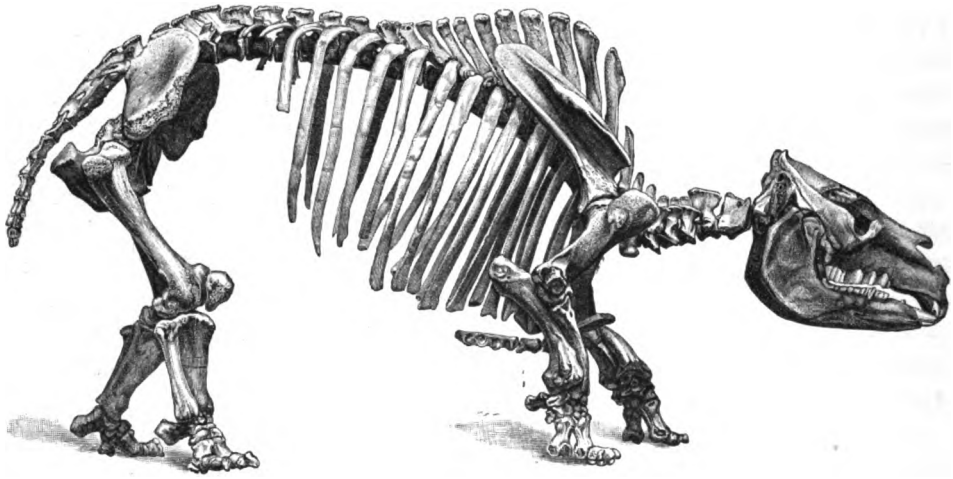
An die Proboscidier schließt sich eine spezifisch südamerikanische, ausgestorbene Gruppe großer, plumper Tiere, die Toxodontier, einigermaßen an. Das Skelett weist überwiegend Merkmale von Rüsseltieren und Unpaarhufern auf, daneben unverkennbare Anklänge an die Hyracoiden, die Klippschliefer, und an die gleich zu erwähnende Gruppe der Typotherien. Dagegen läßt das Gebiß in einer ganz anderen Richtung Anschluß vermuten: die schaufelartigen, stark verlängerten Schneidezähne, die prismatischen, unten offenen, wurzellosen und schief gejochten Backenzähne erinnern lebhaft an die Nagetiere. Bei näherer Betrachtung zeigt es sich aber, daß die Jochzähne der Toxodontier leicht auf die Bezahnung des Klippschliefers und der Unpaarhufer zurückzuführen sind. Und so dürfte die Ähnlichkeit der Zähne der Toxodontier und Nagetiere in gleicher Ernährung ihren Grund haben.

Bei den ältesten und primitivsten Formen, den Homalodontotherien, bildet das vollständige Gebiß eine geschlossene Reihe, die Extremitäten sind fünfzehig. Die Familie der Nesodontiden hat noch ein geschlossenes Gebiß, aber dreizehige Extremitäten, und Toxodon endlich besitzt in der Verkümmerung des Eckzahnes und des ersten Prämolars ein fortschrittliches Merkmal. Das frei vorragende Nasenbein läßt die Ausbildung eines kurzen Rüssels vermuten. Die Abbildung auf S. 358 gewährt eine gute Vorstellung dieser höchst sonderbaren Tiere, die vermutlich aus denselben noch unbekannten Urformen hervorgegangen sind wie die Amblypoden und Proboscidier und frühzeitig eine abweichende Richtung eingeschlagen haben. Im Zahnbau hat die ausgestorbene, ebenfalls südamerikanische Gruppe der Typotherien die größte Übereinstimmung mit den Toxodonten. Waren aber diese große plumpe Tiere, so lassen jene kleinen, leicht-

Digitized by Google

gebauten Formen im Skelett Beziehungen mit den Hyracoiden und sonst mit den Nagern, selbst mit den Halbaffen erkennen. Auch sie müssen sich frühzeitig vom Hauptstamm abgezweigt haben.

An die Huftiere schließt man in der Regel die Sirenen oder Seekühe an, die früher als eine eigentümliche Abänderung der Wale betrachtet wurden. Mit diesen haben sie jedoch nichts gemein als die plumpe Form und die Umwandlung der Extremitäten zu Ruderflossen, also Anpassungen an das Leben im Wasser, während sich Schädelbau und Gebiß nur mit dem der Ungulaten, und zwar ihrer geologisch ältesten Formen, vergleichen lassen. Die Nahrung der rezenten Seekühe besteht ausschließlich aus Seetang und anderen Wasserpflanzen. Die Sirenen sind große, plumpe Tiere mit spärlich beborsteter Haut und aufgewulsteten Oberlippen, deren Vorderextremitäten große Flossenfüße darstellen, während die Hinterbeine und das Becken verkümmert sind. In der Jetztwelt sind die Seekühe nur durch zwei Gattungen vertreten, das Manati im Atlantischen und den Dugong im Indischen Ozean. Als eine dritte Form gesellt sich dazu noch die gewaltige, fast 10 m lange Stellersche Seekuh (Rhytina), die im Jahre 1741 auf der Bering-



Toxodon platensis, aus dem Pampasthon von Arrecifes bei Buenos Aires. (Nach A. Lydekker.) 1/27 wirkl. Größe. Vgl. Text, S. 357.

Insel und an der Küste von Kamtschatka entdeckt, aber innerhalb weniger Jahre von den Thranjägern vollständig ausgerottet wurde. Im Tertiär finden sich an vielen Stellen verwandte Formen. Die ältesten Reste stammen aus dem Eocän der westindischen Insel Jamaica (Prorastomus), in Europas Oligocän ist die Gattung Halitherium verbreitet, während im Miocän Metaxytherium häufig vorkommt; aus dem Pliocän ist nur aus Italien die Gattung Felsinotherium bekannt.

Am wichtigsten ist die Entwickelung des Gebisses. Bei Prorastomus besteht es aus 48 Zähnen nach der Formel $\frac{3.1.5.3.}{3.1.5.3.}$; Schneide- und Eckzähne sind einfach gebaut und die Molaren Jochzähne, denen des Tapirs vergleichbar. Solche Jochzähne hat auch die lebende Halicore, während Halitherium und seine Verwandten Höckerzähne wie die Schweine tragen. Im allgemeinen ist eine allmähliche Verminderung der Zähne von den ältesten bis zu den jüngsten Formen zu bemerken. Schneide- und Eckzähne verschwinden nach und nach, nur bei der lebenden Halicore sind noch zwei Oberkieferstoßzähne vorhanden; dann gehen auch die Prämolaren verloren, und Rhytina hat überhaupt gar keine Zähne, sondern an ihrer Stelle hornige Kauplatten.

So nahe die Beziehungen zu Huftieren in Gebiß und Schädelbau gerade bei den ältesten Sirenen sind, und so sehr man versucht sein könnte, ein tapirähnliches Tier als die Stammform

Digitized by Google

der Seekühe zu betrachten, so sind wir entschieden noch nicht so weit. Im Gegenteil verleihen der fünfzehige Bau der Füße und die große Zahl der Zähne den Sirenen ein altertümliches Gepräge; wahrscheinlich hat die Abzweigung vom Huftierstamm schon in der Kreidezeit stattgefunden.

Nager, Edentaten, Wale.

Abgesehen von den besprochenen großen Gruppen placentaler Säugetiere gibt es noch einige Abteilungen, deren nähere verwandtschaftliche Beziehungen noch nicht sicher ermittelt werden können. Hierher gehören namentlich die Nagetiere, die Edentaten und die Wale oder Cetaceen.

Die Nagetiere, zu denen in der Jetztwelt Hasen, Mäuse, Biber, Stachelschweine, Murmeltiere, Eichhörnchen und eine Menge anderer gehören, sind kleine oder mittelgroße Tiere, die durch ihr Gebiß ausgezeichnet sind. Im Ober- und Unterkiefer stehen je zwei (bei Hasen vier) mächtige, fortwährend wachsende Schneidezähne, die nur an der Vorderfläche mit Schmelz bedeckt sind und sich daher meißelförmig abkauen; Eckzähne fehlen ganz, und, durch eine weite Lücke getrennt, folgen einige schmelzfaltige oder höckerige Backenzähne, 2—6 in jedem Kieferast.

Obwohl die Mannigfaltigkeit dieser Formen, die sich bis ins Eocän zurückverfolgen lassen, groß ist, kommt ihnen doch vom geologischen Standpunkt aus keine große Bedeutung zu. Nur im Tertiär von Südamerika spielen sie eine große Rolle: hier hat man Formen gefunden, von denen Megamys dem Rhinozeros an Größe nicht nachsteht. Die tertiäre Nagetierfauna Südamerikas hat eine in sich geschlossene Entwickelung genommen; sie besteht ausschließlich aus „hystricomorphen", dem Stachelschwein ähnlichen Formen. Erst an der Grenze zwischen der Tertiärzeit und dem Diluvium wandern von Norden her mit anderen Säugetieren zahlreiche Nager aus dem nördlichen, nordamerikanisch-europäischen Entwickelungsgebiet ein. Schon in der Eocänzeit waren die Nagetiere mit den wichtigsten modernen Merkmalen dieser Ordnung ausgestattet; doch war damals eine primitive Gruppe, die Eigenschaften der eichhörnchen- und stachelschweinartigen Nager vereinigenden Protrogomorpha Zittels, stark vertreten, während in der Jetztzeit nur wenige Geschlechter hierher gehören.

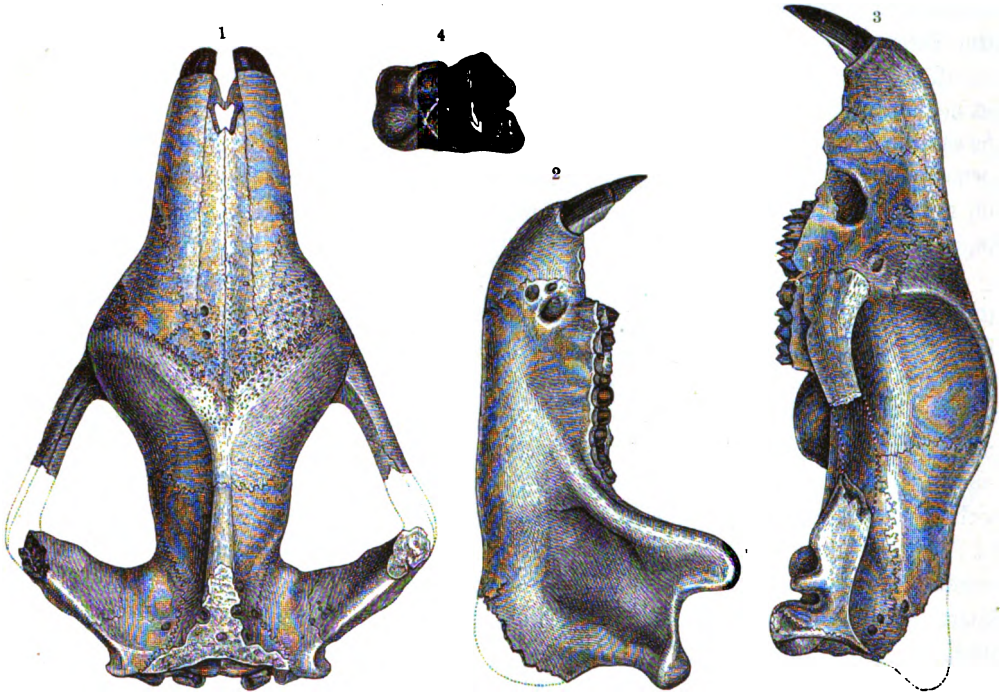
An die Nager schließt sich am besten eine ziemlich rätselhafte Gruppe von Tieren aus dem Eocän Nordamerikas an, die Tillodonten, die sich in neuerer Zeit in spärlichen Resten auch in Europa gefunden haben. Bei Tillotherium (s. Abbildung, S. 360) treten Schneidezähne wie bei den Nagetieren auf; die durch eine weite Lücke von den Schneidezähnen getrennten Backenzähne tragen Höckerzahncharakter, während in anderen Merkmalen Anklänge an Raubtiere hervortreten sollen. Eine noch unbekanntere Gruppe sind die ebenfalls im Eocän Nordamerikas vorkommenden Täniodonten, den Tillotherien verwandt, aber von ihnen durch die unvollkommene Schmelzbekleidung der Zähne und durch starke Canine verschieden. Ob man die Tillodonten als Vorläufer der Nagetiere auffassen darf, ist nicht erwiesen. Gehört eine Form der Laramie-Kreide, Stagodon, hierher, so wären die Tillodonten als Ausläufer einer altertümlichen Multituberculaten-Gruppe anzusehen.

Die verwandtschaftlichen Beziehungen der Edentaten oder zahnarmen Säugetiere sind noch unklar. Das allen gemeinsame Merkmal bildet das dürftig entwickelte Gebiß. Manchen Formen, wie dem lebenden Ameisenbären (Myrmecophaga) und den Schuppentieren (Manis), fehlt es ganz, bei den übrigen sind fortwährend wachsende Zähne ohne Schmelz vorhanden, bald in geringer, bald in übergroßer Zahl: während bei den Faultieren deren nur 18 vorhanden sind, treten bei dem Riesengürteltier etwa 100 zahnartige Stifte auf. Die schwache Entwickelung der Zähne entscheidet allerdings nichts: mit demselben Recht könnte man auch das Schnabeltier oder

Digitized by Google

einzelne Seetiere hierher rechnen. Und in der That ist auch die Ansicht ausgesprochen worden, daß die Edentaten in Wirklichkeit verschiedenen Abteilungen des Tierreiches angehören und nur durch das zufällige Merkmal der Verkümmerung der Zähne miteinander verbunden seien. Doch werden die hierher gerechneten Tiere außer dem Gebiß noch durch eine Anzahl anderer davon unabhängiger Merkmale charakterisiert: durch die Gelenkverbindung der Zehenglieder, durch mächtige Krallen und durch die Verwachsung des Kreuzbeines mit dem Sitzbein.

In der Jetztwelt haben die Vermilinguier oder Wurmzüngler eine lange Schnauze und enge Mundöffnung, aus der die wurmförmige Zunge weit hervorgestreckt wird, um Insekten,



Tillotherium fodiens, aus amerikanischem Eocän (Bridgergruppe): 1) Schädel von oben, 2) Unterkiefer, 3) Oberkiefer von der Seite, 4) ein Backenzahn. Vgl. Text, S. 359.

namentlich Ameisen, zu erhaschen. Hierher gehören die Ameisenbären Südamerikas (Myrmecophaga), das Erdferkel (Orycteropus) Südafrikas und die Schuppentiere (Manis) aus Afrika und Indien; weitere Gruppen sind die südamerikanischen Faultiere und Gürteltiere. Heute spielen alle diese Formen eine untergeordnete Rolle, und die größten unter ihnen erreichen etwa die Dimensionen eines starken Wolfes. Anders in der Vorzeit: während der diluvialen Periode finden wir in Südamerika Edentaten, die sich teils den Faultieren, teils den Gürteltieren und Ameisenbären anschließen, und von denen viele an Größe das stärkste Nashorn, ja an Plumpheit des Knochenbaues wohl alle Säugetiere übertreffen.

Im Tertiär sind Edentatenreste, außer in Südamerika, bis jetzt überaus spärlich: nur Orycteropus ist im Pliocän von Samos und in Maragha in Persien und Manis in Südasien nachgewiesen. Die europäischen Gattungen Macrotherium und Ancylotherium, die man früher hierher gestellt hat, gehören zu der isolierten Unpaarhuferfamilie der Chalicotherien. Alle übrigen fossilen Edentaten sind auf Amerika beschränkt: hier ist im Südkontinent ihre eigentliche Heimat. Schon in der ältesten bekannten Tertiärfauna Südamerikas treten sie in zahlreichen hochdifferenzierten Formen auf und erreichen den Höhepunkt ihrer Entwickelung in der Diluvialzeit. Erst in

Digitized by Google

dieser Periode oder in der jüngsten Tertiärzeit, als zwischen dem Nord- und dem Südkontinent die Landverbindung hergestellt und ein gegenseitiger Austausch der Faunenelemente möglich war, wanderten Edentaten auch nach Zentral- und Nordamerika; Tatusia hat sich in Texas bis in die Gegenwart erhalten.

Ein weitere in ihren verwandtschaftlichen Beziehungen räthselhafte Ordnung der Säugetiere bilden die Wale oder Cetaceen, meist sehr große im Meere lebende Tiere von spindelförmiger Gestalt, deren Rumpf von dem Kopfe nicht abgesetzt ist. Die fünfzehigen Vorderextremitäten bilden Ruderflossen, die nur im Schultergelenk beweglich sind, die Hinterextremitäten fehlen ganz, und der Leib endet in eine breite Schwanzflosse.

Zahnkeime aus dem Kiefer eines embryonalen Bartenwales. (Nach Gaudry.)

Jetzt umfaßt diese Ordnung zwei verschiedene Abteilungen, die Zahnwale und die Bartenwale. Bei den Zahnwalen stehen entweder in einem oder in beiden Kiefern kegelförmige, mit einfacher, unvollkommener Wurzel versehene Fangzähne, die keinem Zahnwechsel unterworfen und alle von gleicher Form ohne Gliederung in Schneide-, Eck- und Backenzähne sind. Hierher gehört das mannigfaltige Geschlecht der Delphine und Pottfische und ihrer Verwandten, die seit dem Miocän in marinen Ablagerungen, stellenweise in Menge, vorkommen. Den Bartenwalen fehlen die Zähne, nur im Embryonalleben sind Keime davon im Kiefer eingeschlossen (s. obenstehende Abb.), und am Gaumen wachsen die bekannten Barten, die das Fischbein liefern. Auch diese Formen erscheinen im Miocän, namentlich in pliocänen und diluvialen Meeresablagerungen Nordeuropas und Nordamerikas, sehr zahlreich in Belgien.

Zu diesen beiden Gruppen gesellt sich noch eine dritte, die der Zeuglodontiden, die, im Eocän auftretend, im Miocän ihre Hauptblüte erreichen und verschwinden. Zeuglodon, durch gewaltige Größe ausgezeichnet, ist namentlich in Amerika und Afrika, Squalodon vorwiegend in Europa verbreitet. Beide besitzen konische, einwurzelige Schneidezähne und zweiwurzelige Backenzähne von komprimierter, zackiger Gestalt. Von allen Cetaceen konnten allein die Zeuglodonten, wie W. Dames bewiesen hat, den Kopf heben und senken; überhaupt stehen sie durch den Bau des Schädels und das Gebiß den Landsäugern am nächsten. Etwas weiter ist die Anpassung an das Wasserleben bei den Squalodontiden vorgeschritten; und die dritte Stufe nehmen die Euodontoceten ein. Allgemein wird zugegeben, daß die Wale aus einer noch unbekannten Gruppe landbewohnender Säuger durch Anpassung an das Wasserleben hervorgegangen sind. Wahrscheinlich waren es gepanzerte Tiere, da bei amerikanischen Zeuglodonten Panzerplatten bekannt sind.

Das ältere Tertiär in Europa.

Orientieren wir uns etwas über die Geschichte, die die Erde in den vier Hauptabteilungen der tertiären Ablagerungen, d. h. im Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän, durchlebt hat.

Während der Eocänzeit nahm das Meer in Europa bedeutend geringeren Raum ein als zu Ende der Kreidezeit, eine Veränderung, die sich in ganz ähnlicher Weise über einen großen Teil der Erdoberfläche geltend gemacht hat. In Europa sind noch drei Bezirke von verschiedener Größe vom Meere bedeckt: der eine umfaßt das Becken von Paris und London sowie Belgien und einen Teil der Norddeutschen Ebene, Dänemarks und Schonens, der zweite das ganze südliche Europa mit Einschluß Südfrankreichs, der Alpen, der Karpathen und des Kaukasus, der dritte endlich Südrußland, die Gegend von Kiew und das Gouvernement Cherson. Ein schmaler Meeresarm verband jenseits des Urals das südrussische mit dem Eismeer.

Digitized by Google

Das Pariser Becken, das erste Tertiärgebiet, das wissenschaftlich untersucht wurde, hat den Ausgangspunkt für das Studium des Eocäns gebildet. Die Arbeiten von Alexandre Brongniart lieferten die Grundlage für die geologische Kenntnis, während Cuviers Untersuchungen die Säugetierbevölkerung, die von Lamarck und Deshayes die überreiche Molluskenfauna der Wissenschaft erschlossen. Die hiesigen Ablagerungen sind übrigens durchaus nicht ausschließlich mariner Natur: es finden sich auch Süßwasserkalke, Brackwasserschichten, Thone mit Braunkohlen. Das Gebiet war wiederholten Veränderungen unterworfen: bald drang das Meer weit vor, bald zog es sich zurück und verließ das Becken. Schon im unteren Eocän, der Stufe von Soissons (Suessonien), finden wir Meerablagerungen, die Sande von Bracheux, nur im nördlichen und nordöstlichen Teile des Pariser Beckens ausgebreitet. In den trocken liegenden Gebieten entstanden Binnenbildungen: die Kalke von Rilly in der Nähe von Reims mit ihren zahlreichen Land- und Süßwasserschnecken, die Konglomerate von Cernay bei Reims mit ihrer Wirbeltierfauna, die Kalktuffe von Sezanne südlich von Epernay mit zahlreichen Pflanzeneinschlüssen.

Nach Ablagerung der Sande von Bracheux zog sich das Meer wieder aus dem Pariser Becken zurück, und es lagerten sich Thone mit Süßwasserkonchylien und Braunkohlen ab (plastischer Thon und Lignit), die nur gegen Norden Einlagerungen von brackischem oder marinem Charakter erhalten. Hier werden die Säugetierreste etwas reichlicher; man erinnere sich des Coryphodon (vgl. S. 337), des bezeichnendsten Hustiers der alteocänen Fauna. Dann schritt das Meer abermals vor und es bildete sich eine Ablagerung fossilreichen Marinsandes, des Sandes von Cuise. Zahllos sind hier die Konchylien und kleinen Nummuliten (Nummulites planulatus), allerdings nicht in jener ungeheuern Menge und bedeutenden Größe wie in den Eocänablagerungen südlicher Gegenden. Im mittleren Eocän (Parisien) ist das fossilreichste Gebilde dieser Gegend der Grobkalk, ein bald sandiger, bald mergeliger oder glaukonitischer Kalk mit zahllosen Meereskonchylien von tropischem Charakter und vielen Foraminiferen, unter denen in den tiefsten Schichten die Nummuliten, in den höheren die Miliolideen die hervorragendste Rolle spielen. Das obere Eoän endlich wird wieder durch eine Sandbildung, den Sand von Beauchamps, repräsentiert, ein Zurückweichen des Meeres bezeichnend. Auch er ist überaus reich an Fossilen; ja die Menge ist hier im Grobkalk wie im Sande von Cuise so groß, daß es kaum möglich ist, Einzelheiten hervorzuheben. Außer diesen marinen Bildungen treten im oberen Eocän des Pariser Beckens auch Süßwasserkalke, die Kalke von St.-Ouen, auf, deren bezeichnendstes Fossil eine Teichschnecke, Limnaeus longiscatus, ist. Säugetierreste sind im mittleren und oberen Eocän nicht häufig und weichen von denen des unteren Eocäns ab. Wir begegnen den Vertretern einer neuen Säugetierfauna, unter anderen den Gattungen Lophiodon und Propalaeotherium. Im oberen Eocän gesellen sich dazu Vorläufer jener reichen Tiergesellschaften, die wir im unteren Oligocän in den Ablagerungen des Pariser Gipses finden.

Das Eocän im südlichen England, in der Umgebung von London und in der Grafschaft Hampshire, gehört dem nördlichen Teile derselben atlantischen Bucht an, deren südlichen Abschnitt das Pariser Becken bildet. Trotz dieser Zusammengehörigkeit finden sich erhebliche Verschiedenheiten. Die tiefsten Ablagerungen sind in England die Thanetsande, den Sanden von Bracheux in Frankreich vergleichbar. Wie hier die Thone mit Braunkohlen, so folgen nun auch in England in den Schichten von Woolwich und Reading Bildungen, wo sich der Einfluß süßen Wassers geltend macht, und im oberen Teile des Untereocän kehrt auch hier reine Meeresbedeckung wieder. Während wir aber im Pariser Becken in diesem Niveau die nummulitenführenden Sande von Cuise antreffen, tritt in England blauer Thon, der Londonthon, auf, stellenweise 160 m mächtig. Namentlich wird er durch kleine oder mittelgroße, besonders fleischfressende Schnecken gekennzeichnet, unter denen die Gattung Pleurotoma vorwiegt.

Digitized by Google

Solche Pleurotomenthone finden sich in den verschiedensten Abteilungen des Tertiärs, vom Eocän bis zum Pliocän, und stimmen überall in dem Habitus der ganzen Fauna überein, wenn auch ganz verschiedene Arten der einzelnen Gattungen auftreten. Ohne daß wir sie als eigentliche Tiefseebildungen betrachten können, die es im Tertiär überhaupt kaum gibt, stellen doch wohl die Pleurotomenthone die Faciesentwickelung des Tertiärs dar, die dem tiefsten Wasserstand entspricht. Von dem Londonthone glaubt man, daß er in einer Tiefe von etwa 200 m unter dem Wasserspiegel gebildet sei. Das mittlere Eocän wird in England in der Regel durch die fossilarme Ablagerung der Bagshotschichten bezeichnet. Nur in Hampshire tritt dafür eine Folge von Thonen, Mergeln, Sanden mit einer reichen Marinfauna auf, die Brackleshamschichten, deren Fauna mit der des Grobkalkes übereinstimmt. Das obere Eocän endlich wird durch die Bartonthone gebildet, gleichalterig mit den Sanden von Beauchamps.

In der nun folgenden Oligocänzeit zog sich das Meer aus dem Londoner Becken unter Schwankungen zurück, die sich in dem Wechsel von marinen, brackischen und Süßwasserschichten dokumentieren, wie man sie namentlich auf der Insel Wight und in Hampshire beobachtet. Auch im Pariser Becken kam es am Schluß des Eocäns zunächst zu einem Rückzug des Meeres; nur blieb in einer tiefgelegenen Region des Zentrums Meerwasser zurück, aus dem sich Gips niederschlug. Da die Verbindung mit dem Meere nicht ganz abgeschnitten war, trat zeitweilig Meerwasser hinzu, und dann bildeten sich Mergellagen mit Meereskonchylien. Die reiche Säugetierfauna, die das erweiterte Festland belebte, scheint diese salzigen Tümpel häufig aufgesucht zu haben; man findet ihre Reste, durch die Untersuchungen Cuviers berühmt, namentlich im Gips von Montmartre bei Paris.

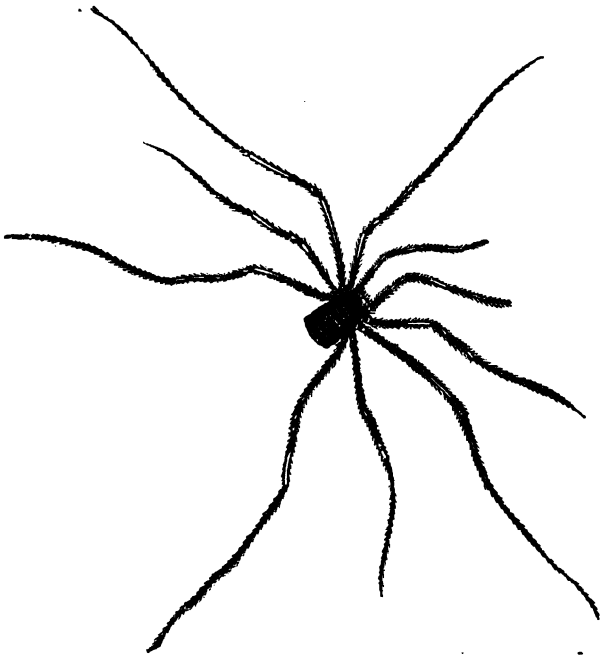
Während so das Meer im Westen vom Festland abfloß, breitete es sich im Osten, in Norddeutschland, weit über die Grenzen aus, die es im Eocän innehatte. Von der weiten Wasserfläche im ebenen Teil Norddeutschlands aus erstrecken sich im Unteroligocän drei größere Buchten bis an den Rand der Mittelgebirge: die niederschlesische bis gegen Oppeln, die sächsisch-thüringische bis über Halle hinaus, die niederrheinische bis Bonn. Allerdings war dies Gebiet nicht vollständig in der ganzen Oligocänzeit vom Meer überflutet; vielmehr entstanden zeitweilig in großer Ausdehnung Kohlenablagerungen auch aus brackischem und selbst süßem Wasser. Zumeist gehören diese Braunkohlenlager dem Unteroligocän an. Sie bestehen neben der oft sehr mächtigen Braunkohle großenteils aus losen Aufschüttungen von Quarzgeröllen, seltener aus festem Konglomerat, ferner aus Quarzsanden, Sandsteinen, Quarziten und plastischen Thonen mit Pflanzenresten. Die gleichzeitigen Meeresniederschläge waren teils Sande, teils Thone nach Art der Pleurotomenthone, die eine reiche Meeresfauna von tropischem Charakter einschließen.

Im Mitteloligocän griff das Meer noch weiter um sich. Eine breite Senkung eröffnete ihm den Zutritt nach Süden, es drang über Kassel und Ziegenhain am westlichen Fuße des Vogelsberges vorüber nach der Wetterau und nach dem Mainzer Becken vor und verband sich, der damals schon vorhandenen Einsenkung zwischen Schwarzwald und Vogesen folgend, mit dem Südmeer. In derselben Periode ward auch das Pariser Becken wieder vom Meer überflutet, das in Frankreich weiter vordrang als zu irgend einer Zeit des Tertiärs: England dagegen muß vollständig trocken gelegen haben, denn dort sind damals ausschließlich Süßwasserschichten entstanden. In Frankreich ist das herrschende Gestein dieser Stufe der Sand von Fontainebleau; ähnliche Bildungen sind in Norddeutschland unter dem Namen der Sande von Stettin und Magdeburg bekannt, im Mainzer Becken namentlich bei Weinheim und Alzey. Verbreiteter aber waren blaue Thone mit Septarien, kalkigen Konkretionen, die im Inneren von Rissen und Sprüngen durchzogen sind. Auch diese Septarien- oder Rupelthone enthalten eine reiche Fauna von Pleurotomen und anderen Schnecken und Muscheln.

Digitized by Google

Im Oberoligocän zieht das Meer seine Grenzen wieder zurück. Das Pariser Becken liegt trocken; es entstehen hier Süßwasserschichten: der Mühlstein von Montmorency und der Süßwasserkalk von Beauce. Im Mainzer Becken macht sich die beginnende Aussüßung durch das Auftreten brackischer Formen der Gattungen Potamides (Cerithium), Hydrobia, Nematura, Cyrena 2c. im Cyrenenmergel bemerkbar. Dabei bleibt aber die Verbindung mit dem Südmeer noch erhalten, wie aus dem Vorkommen gemeinsamer Arten, wie Cerithium margaritaceum und Cyrene semistriata, hervorgeht. In Norddeutschland endlich ist das Meer wesentlich eingeschränkt.

Obwohl die böhmische Masse von der oligocänen Transgression unberührt blieb, entstanden doch auch hier in der tektonischen Senkung am Südfuße des Erzgebirges ähnliche Braunkohlenbildungen wie in Norddeutschland. Hier fanden in oligocäner Zeit gewaltige Basaltausbrüche statt; gleichzeitig wurden Braunkohlen von außerordentlicher Mächtigkeit in mehreren Becken, bei Eger, Falkenau, Dux, Brüx, Bilin 2c., aufgestapelt. Da die untersten Ablagerungen älter als die großen Basaltergüsse sind, stellt man sie als vorbasaltische Stufe dem Mitteloligocän gleich. Dann folgt gleichzeitig mit den vulkanischen Ergüssen die dem Oberoligocän entsprechende basaltische Stufe. Darin erscheint Anthracotherium, eins der häufigsten Säugetiere dieser aquitanischen Zeit. Die nachbasaltische Braunkohle endlich gehört nicht mehr dem Oligocän, sondern dem Miocän an, da darin Säugetiere, wie Mastodon angustidens und Hyotherium Soemmeringi, vorkommen.



Opilionide (Kanker), aus dem Bernstein. Stark vergrößert. Vgl. Text, S. 366.

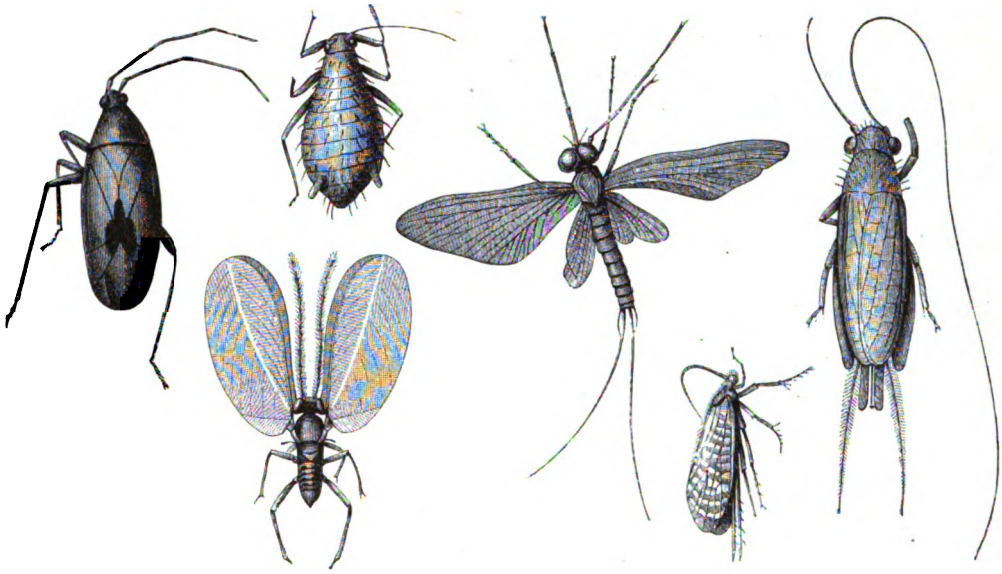
Bevor wir das norddeutsche Gebiet verlassen, müssen wir uns noch mit einer eigentümlichen Lokalbildung des Oligocäns befassen, der Bernsteinformation des Samlandes bei Königsberg. Das ist ein Gebilde, das auf der ganzen Erde ziemlich einzig dasteht. Zwar findet sich Bernstein auch in Sizilien und in einigen anderen Gegenden, aber nirgends unter solchen Verhältnissen und in solcher Menge wie hier. Schon in uralter Zeit suchten die Schiffe der Phöniker die Bernsteinküste auf, um das kostbare Elektrum herbeizuholen, und zahlreiche prähistorische Funde bezeichnen die alte Bernsteinstraße, auf der durch Binnentauschhandel der Bernstein zu den Kulturvölkern der Mittelmeerregion gelangte. Seither wurde der „preußische Edelstein" jahrhundertelang ausgebeutet, und noch heute sind seine Fundgruben unerschöpft.

Der Bernstein ist das fossile Harz mehrerer Nadelbäume, die um die Mitte der alttertiären Zeit das damalige Festland bedeckten. Von diesen Bernsteinbäumen kennt man bisher vier Föhren und eine Fichte, die mit unseren jetzigen Nadelbäumen wenig Ähnlichkeit haben, nur die seltene und erst vor wenigen Jahren entdeckte Ormorica-Fichte Serbiens und Bosniens und die japanische Ajansfichte scheinen Ausläufer der Bernsteinfichte Picea Engleri zu bilden. Vermutlich war ein großer Teil des nördlichen Europa damals mit Nadelwäldern bestanden, und die

Digitized by Google

Forste von Skandinavien und Finnland haben wohl hauptsächlich jene Harzmassen geliefert, die durch Flüsse ins Meer gelangten und, hier von marinen Sedimenten umhüllt, sich im Laufe langer Zeiträume zu Bernstein fossilisierten. Die ursprüngliche Lagerstätte des Bernsteins sind marine glaukonitführende Ablagerungen, die im Samland unter Braunkohlenschichten liegen. Unterscheiden kann man zu oberst die Grüne Mauer, dann die Weiße Mauer und den Grünen Sand der Bernsteingräber, worin Bernstein nicht oder nur selten vorkommt; zu unterst liegt ein feinkörniger, thoniger Glaukonitsand, innerhalb dessen eine Schicht, die Blaue Erde, durch häufiges Vorkommen des wertvollen Minerals ausgezeichnet ist.

Gewonnen wird der Bernstein auf verschiedene Art. Man hat mehrfach versucht, die Blaue Erde bergmännisch auszubeuten, und namentlich in neuerer Zeit liefern diese Arbeiten erhebliche



Verschiedene Bernsteininsekten. Vgl. Text, S. 366.

Mengen. Weitaus der größte Teil aber wird anders erhalten. Die Bernsteinschicht des Samlandes steht an vielen Punkten unmittelbar am Meer in einem Niveau an, daß sie von dessen brandenden Wogen gepeitscht wird und Teile davon ins Meer gelangen. Aus diesem thonig-sandigen Material wird das fossile Harz wie überhaupt jeder größere Körper durch die Wirkung des bewegten Wassers herausgeschlämmt. Da der Bernstein nur wenig schwerer ist als das Wasser, so sinkt er zwar bei ganz ruhiger See zu Boden, aber beim leisesten Wellenschlage wird er wieder aufgehoben und fortgespült. Daher befinden sich alle Bernsteinstücke, die durch Zerstörung der Ablagerungen ins Meer gelangen, bei jedem Wind und durch den Wechsel von Ebbe und Flut, soweit sie nicht in zu tiefem Wasser liegen, in steter Bewegung und werden wie andere flottierende Körper (Schiffstrümmer, Seetiere, Tang 2c.) früher oder später an die Küste geschleudert. Seitdem die tief im Meeresschlamm liegenden Stücke durch Baggern gewonnen werden, hat sich die Bernsteinausbeute sehr gehoben.

Die Blaue Erde wird aber nicht nur heute abgewaschen: derselbe Vorgang hat sich auch während der Bildung der jüngeren Tertiärschichten und während der Diluvialzeit abgespielt. Und so findet man in diesen jüngeren Ablagerungen vielfach Bernstein eingeschwemmt, z. B. in den Braunkohlenschichten des Samlandes, aber auch in jüngeren Sedimenten und in beträchtlicher

Digitized by Google

Entfernung von der ursprünglichen Lagerstätte, selbst außerhalb des Beckens der Ostsee, so an der Westküste von Jütland, Schleswig und Holstein und an den friesischen Inseln. Auch hier wäscht das Meer den Bernstein aus seiner zweiten Lagerstätte aus und schleudert ihn an den Strand.

Wissenschaftlich ist der Bernstein namentlich deshalb von Interesse, weil in dem durchsichtigen Material eine Menge von Organismen in der zartesten Weise erhalten sind: zahllose Insekten, Spinnen, Pflanzenreste jener alttertiären Fichtenwälder wurden von dem flüssigen Harze umschlossen und in einer Vollständigkeit aufbewahrt, daß man die feinsten Einzelheiten fast so scharf wie an lebenden Exemplaren untersuchen kann. Wenn man in einem Nadelwalde die durchsichtigen Harztropfen betrachtet, die aus der verletzten Rinde von Fichten, Tannen, Föhren, Lärchen 2c. hervorquellen, so sieht man oft genug, daß sie mit ihrer zähen, klebrigen Masse Ameisen, Fliegen und eine Menge anderer Kerbtiere umschließen, und ebenso fingen sich in dem Harz der Bernsteinfichten zahlreiche Tierchen (s. Abbildungen, S. 364 und 365). Obwohl bis jetzt nur ein Teil dieser Formen beschrieben ist, darf man die Zahl der in verschiedenen Sammlungen aufbewahrten Arten auf 2000 schätzen. Allerdings wird es heute in den meisten Gegenden einem eifrigen Sammler in einiger Zeit nicht schwer werden, eine größere Artenzahl aufzubringen, aber wenn wir bedenken, wie diese Sammlung alttertiärer Insekten entstanden ist, so wird man doch deren Reichtum bewundern. Denn alle größeren und kräftigeren Insekten werden nur ausnahmsweise vom Harz umhüllt; zahlreiche andere Formen werden infolge ihrer Lebensweise fast nie mit ihm in Berührung kommen, z. B. alle Wasserinsekten, die meisten auf eine bestimmte Pflanzennahrung angewiesenen Kerfe, die vorwiegend von Aas, Mist 2c. lebenden und eine große Reihe anderer Kategorien. Daraus werden wir schließen dürfen, daß damals in Nordeuropa ein reiches Insektenleben existierte. Die heutige Insektenwelt Europas hat nur wenig Verwandtschaft mit der Bernsteinfauna, wohl aber die Nordamerikas und Ostasiens.

Wir sehen in den Vorgängen, wie sie sich in Nordeuropa während der älteren Tertiärzeit abspielen, ein schönes und lehrreiches Beispiel der mannigfachen Schwankungen, die in einer großen, ziemlich seichten Meeresbucht vor sich gehen, ehe sie vom Meere endgültig verlassen wird. Es geschieht das nicht mit einemmal, sondern die ganze ältere Tertiärzeit wird von diesen Oszillationen ausgefüllt, die mit einem starken Rückgang des Meeres zu Ende der Kreideformation beginnen und nach mannigfachen verwickelten Wechselfällen erst mit Schluß der Oligocänzeit wenigstens im Gebiete von London und Paris zu lange dauernder Trockenlegung führen.

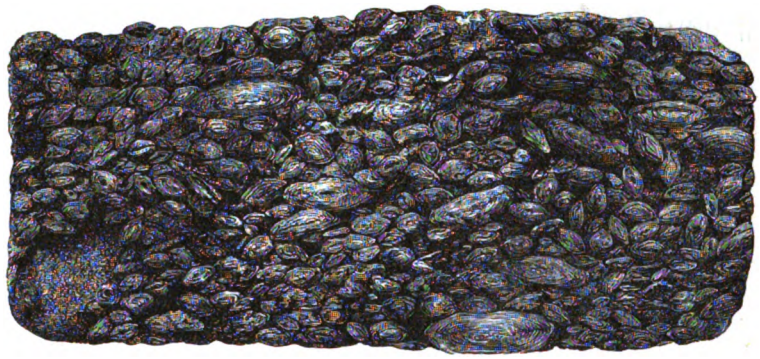
Im Gegensatz zu diesen Typen des nordeuropäischen Eocäns mit ihren lockeren, das Gepräge jugendlichen Alters an sich tragenden Gesteinen finden wir eine durchaus verschiedene Entwickelung in dem Reiche der Nummulitenkalke (s. Abbildung, S. 367), dem südlichen Europa und den Gegenden, deren Ablagerungen ähnlich entwickelt sind. Harte, feste Kalke, Thonschiefer, Schieferthone, Sandsteinmassen von oft riesiger Mächtigkeit treten hier auf, während an manchen Punkten, in der Umgegend alttertiärer Vulkangruppen, vulkanische Asche das Material zu ansehnlichen Tuffbildungen geliefert hat.

In der Verbreitung des älteren Tertiärs und namentlich des Eocäns läßt sich im Süden noch eine entschiedene Annäherung an die Verhältnisse erkennen, wie wir sie in älteren Perioden kennen gelernt haben. Im Jura breitete sich ein langhin von Westen nach Osten gestreckter Meeresteil, im Norden und Süden von Festland eingesäumt, aus der Gegend von Zentralamerika quer durch den heutigen Atlantischen Ozean über das südliche und mittlere Europa durch Kleinasien, Persien und Afghanistan nach Indien und mündete in der Gegend des Golfes von Bengalen nach Südosten in den offenen Ozean aus. Dieses zentrale Mittelmeer oder der Ozean Tethys hat im Laufe der Zeit mannigfache Veränderungen erlitten. Trotzdem daß am

Digitized by Google

Schluß der Kreidezeit der westliche Teil nicht mehr von zusammenhängendem Festland eingesäumt war, muß zwischen Brasilien und Afrika mindestens noch eine Reihe von Inseln bestanden haben. Wir kennen aus Westindien oligocäne Korallen von mediterranem Charakter, und diese bedurften, wie wir das von Korallen erfahrungsgemäß wissen, zu ihrer Wanderung nach Westen einen Rückhalt wenigstens in Form einer Inselreihe. Im Osten aber bestand das zentrale Mittelmeer fort: zur Eocänzeit erstreckte es sich noch von der atlantischen Küste Europas bis nach Indien; und wahrscheinlich erst zu Ende des Oligocäns wurde der Zusammenhang zerrissen. Nach vielfachen Schwankungen stellt sich uns das Mittelländische Meer von heute als den letzten Rest jener mächtigen Meeresstraße vor.

Verändert hat sich allerdings das zentrale Mittelmeer des Eocäns sehr, verglichen mit dem der Juraformation; während der Kreidezeit war damit begonnen worden. Der ganze nördliche Teil ist festes Land, fast in ganz Europa ist die Nordgrenze die Linie, die in der Jurazeit die alpine von der außeralpinen Meeresprovinz trennte. Im südlichen Frankreich allerdings reicht das Meer etwas weiter nach Norden: es bedeckt auch die Umgebung von Bordeaux mit Ablagerungen, die Merkmale der nördlichen mit solchen der südlichen Entwickelung zu verbinden scheinen.



Nummulitenkalk. Vgl. Text, S. 366.

Im übrigen hält sich die Nordgrenze der eocänen Meeresbildungen fast genau an die nördliche Grenze der alpinen und karpathischen Region. Gegen Süden erstreckt sich das Meer weit hinein in die Region der Sahara, deren Hammaden oft von Millionen von Nummulitenschalen bedeckt sind, namentlich in der Libyschen Wüste und in Ägypten. Nach Osten setzt sich das breite Gebiet der Nummulitenschichten durch ganz Südeuropa, den Kaukasus, Kleinasien, Syrien, Arabien und weiterhin bis in die Ketten des Karakorum und Himalaya fort, es breitet sich im nördlichen Teile von Vorderindien bis in den Golf von Bengalen aus und läßt sich von da über Java und Sumatra bis Borneo und nach den Philippinen verfolgen.

Gegen Norden schließen sich an dieses zentrale Mittelmeer einige Ausläufer an, die buchtenartig in das feste Land eingegriffen zu haben scheinen, denen aber, ihrer nördlicheren Lage entsprechend, die massenhaften Nummuliten der südlichen Entwickelung fehlen. Hierher gehören die eocänen Schichten in Südrußland und die fossilreichen Ablagerungen Zentralasiens, die nach den Forschungen von Muschketow und Romanovsky in den Pamir und im Tiënschan sehr verbreitet zu sein scheinen.

Allerdings war nicht das ganze Gebiet des zentralen Mittelmeeres offene Wasserfläche. Inseln von großem Umfange ragten daraus hervor, so die zentralen Teile der Alpen und Karpathen, der Apenninen, der Pyrenäen, des Himalaya. In manchen Gebieten, besonders in den Karpathenländern, ist das Vorhandensein von Festland durch Braunkohlenbildungen und Schichten mit Pflanzenresten im Untereocän angedeutet. Oder es fehlt das Untereocän vollständig, und das Alttertiär beginnt mit dem Mitteleocän in Form von mächtigen Strandkonglomeraten,

Digitized by Google

deren Geröll die Brandung des Eocänmeeres von den damaligen Küstengebirgen abgerissen hat. Nach Ablagerung der Nummulitenschichten fanden aber auch noch gewaltige Bewegungen der gebirgsbildenden Kräfte statt; denn weithin sind in den genannten Gebirgen auch die Nummulitenschichten aufgerichtet, gefaltet, überworfen, kurzum in der großartigsten Weise gestört. Sie reichen in den Alpen stellenweise fast bis zu einer Meereshöhe von 3000 m, in den Pyrenäen überschreiten sie diese Linie erheblich, und im Himalaya hat man sie in einer Höhe von mehr als 5000 m anstehend gefunden.

Die marine Tierwelt des südlichen Eocändistriktes unterscheidet sich, abgesehen von der außerordentlichen Menge der Nummuliten, noch durch eine Reihe anderer Merkmale von der Nordeuropas. Unter den Mollusken fällt die durchschnittlich bedeutendere Größe der südlichen Formen auf. Dazu kommt der außerordentliche Reichtum an See-Igeln, endlich das Auftreten von Riffkorallen, die stellenweise in der südlichen Region massenhaft vorkommen, im Norden aber fehlen oder nur in kümmerlichen Spuren vorhanden sind. Reste von Landsäugetieren sind spärlich gefunden worden; dagegen enthalten manche Lokalitäten eine Menge fossiler Fische. Eine der berühmtesten Fundstätten dieser Art sind die schwarzen Dachschiefer von Glarus, durch paläontologischen Charakter und durch ihre Gesteinsbeschaffenheit ausgezeichnet, indem sie ganz den Thonschiefern der ältesten paläozoischen Formationen gleichen. Als zweiter Punkt ragt durch das massenhafte Vorkommen von trefflich erhaltenen Fischen Monte Bolca im Veronesischen hervor, wo auch prachtvolle Pflanzenreste, namentlich riesige Palmen, vorkommen.

Überhaupt liefern die Eocänablagerungen von Vicenza und Verona in Oberitalien wohl die reichlichste Ausbeute an schön erhaltenen Versteinerungen. Die Kalke und basaltischen Tuffe von Ronca, die Kalke von Monte Postale, die Schichten von San Giovanni Ilarione haben prachtvolle Konchylien, See-Igel und Krabben (s. Abbildung, S. 308) geboten. Auch manche Vorkommnisse in Südfrankreich, in Ungarn, in Istrien und Dalmatien enthalten schöne Fossilreste. Im allgemeinen aber läßt die Erhaltung in den Nummulitenschichten viel zu wünschen übrig. Reicher als die meisten europäischen Fundorte scheinen die in Indien sowie, nach den Schilderungen von Zittel, in Ägypten und der Libyschen Wüste zu sein.

An vielen Punkten, besonders in Oberitalien, Ungarn und Siebenbürgen, hat man Studien über die Gliederung der eocänen Nummulitenschichten in eine große Anzahl von Horizonten angestellt; hier müssen wir uns aber auf wenige Bemerkungen beschränken. Ziemlich allgemein ist ein Glied zu unterscheiden, das in seiner Fauna mit der des Pariser Grobkalks nahezu übereinstimmt und dem mittleren Eocän entspricht. Hierher gehört die mächtigste Entwickelung der Nummulitenkalke: die Ablagerungen von Kressenberg und von Mattsee, Sonthofen und anderen Punkten in den Nordalpen, die Hauptnummulitenkalke in Istrien, Dalmatien und in den Karpathen, die Tuffe von Ronca in Oberitalien und die berühmten Nummulitenkalke von Mokattam bei Kairo in Ägypten mit ihren prachtvollen See-Igeln und Krabben. Dagegen kann man häufig nur schwer untereocäne Ablagerungen in diesen Gebieten nachweisen. In der Gegend von Vicenza rechnet man die Tuffe von Spilecco mit einem unsymmetrisch geformten Brachiopoden, der Rhynchonella polymorpha, hierher, und im istrisch-dalmatischen Gebiet wird (nach Stache) der obere Teil des Untereocäns durch Kalke gebildet, die durch die Foraminiferengattung Alveolina charakterisiert sind. Unter diesen folgen dann die schon bei Beschreibung der Kreideformation erwähnten Süßwasserablagerungen der Cosina-Schichten, als oberste Kreide und unterstes Eocän. Die vollständigste marine Entwickelung findet nach Zittel das Untereocän in Ägypten und der Libyschen Wüste in Ablagerungen, die mit dem Namen der libyschen Stufe bezeichnet werden; auch in Indien scheinen ausgezeichnet entwickelte untereocäne Schichten aufzutreten. In vielen Gebieten der südlichen Zone dürfte das Untereocän gänzlich fehlen. Obereocäne

Digitized by Google

Ablagerungen sind bei Reichenhall im bayrischen Gebirge, in Istrien und Dalmatien, in Oberitalien ꝛc. nachgewiesen.

Neben dieser vorwiegend kalkigen und fossilreichen Ausbildung des Eocäns läuft in Südeuropa eine andere Facies her, die Flysch- oder Macigno-Entwickelung. Schon bei Besprechung der Kreideablagerungen wurde erwähnt, daß am Nordrand der Alpen und besonders der Karpathen versteinerungsarme Sandsteine, Schieferthone und Mergel zu ungeheurer Mächtigkeit anschwellen, die deutliche Reste von Mollusken selten, in einzelnen Schieferhorizonten Fische, sonst aber fast nur eigentümliche Wülste, Wurmgänge und Kriechspuren von Würmern und anderen niederen Tieren enthalten. Wir haben diese sonderbaren, auch „Hierogylphen" genannten Bildungen, die man früher zum Teil fälschlich als Algenreste gedeutet hat, schon in Band I (S. 595) besprochen und haben ferner erkannt, daß ähnliche Spuren auch in anderen Formationen, besonders in sandig-schieferigen Schichten vorkommen (vgl. S. 38). In keiner Ablagerung aber erscheinen sie häufiger und mannigfaltiger als im Flysch. Vieles ist uns an diesen Bildungen und an der Entstehung des Flysches noch rätselhaft; gewiß ist nur, daß er der Hauptmasse nach eine küstennahe Ablagerung aus seichtem Wasser ist. Fast überall kommen im Flysch größere Gerölle von verschiedenen Gesteinen vor; mitunter sind sie ganz unregelmäßig in feinem Thon eingeschlossen; in anderen Fällen gehen solche Blockablagerungen in gewöhnliche Konglomeratsandsteine über. Es läge nahe, diese Blockeinstreuung der Denudation jener großen Gebirge zuzuschreiben, die sich damals aus dem zentralen Mittelmeer erhoben hatten. Aber während sich nur ein Teil dieser Gerölle seiner Beschaffenheit nach auf Gesteine der alpin-karpathischen Ketten zurückführen läßt, sind viele diesen Gebirgen völlig fremd. Ob sie aber durch größere, das zentrale Mittelmeer umrahmende Eismassen herbeigebracht worden sein könnten, ist mit Rücksicht auf das damalige Klima äußerst unwahrscheinlich. Drittens endlich nimmt man an, ein älterer Gebirgswall am Nordrande der Alpen und Karpathen hätte die nördliche Küste des Flyschmeeres gebildet und die fremdartigen Blöcke, soweit sie nicht den alpin-karpathischen Ketten entstammen, geliefert. Für diese Annahme spricht der Umstand, daß sich unter den Blöcken z. B. des karpathischen Flysches thatsächlich solche Gesteine finden, die jetzt noch das Gebirge im Norden der Karpathen zusammensetzen, z. B. Blöcke von Jurakalk, Kohlenkalk und Kohlensandstein in den Westkarpathen und gewisse grüne kristalline Schiefer in den Ostkarpathen, die sich am Nordrande des Gebirges in kleineren Klippen noch erhalten haben. Ähnliches wird auch aus der Schweiz berichtet, von wo diese merkwürdigen Sandsteine und Schiefer zuerst unter dem Lokalnamen Flysch beschrieben wurden. Sie gehören dort dem Eocän und Oligocän an. Weiter im Osten sind auch Kreidehorizonte in dieser, hier Wiener- und Karpathensandstein genannten Bildung vertreten. In gleicher Weise kommen Flyschsandsteine auch in der übrigen Südzone, in Italien, Istrien, Dalmatien, in den Balkanländern, in Kleinasien und im Kaukasus vor. Selbst außerhalb Europas sind ähnliche Gesteine an der Westküste von Borneo, auf den Andamanen und Nikobaren, an der amerikanischen Westküste und auf den westindischen Inseln bekannt.

Eocänen und oligocänen Flysch voneinander zu trennen, ist in der Regel kaum möglich. Ebenso schließen sich auch die normalen Marinbildungen des Oligocäns in der südlichen Region denen des Eocäns unmittelbar an. Im unteren Oligocän kommen noch Nummuliten stellenweise in Menge vor, und auch im übrigen ist vielfach große Ähnlichkeit mit dem Eocän vorhanden. Doch verändert sich die Ausdehnung des Meeres, wie es scheint, in dieser Region so, daß es sich aus einem Teile von Nordafrika zurückzieht, allerdings wohl nur in geringem Maße, wie das Vorkommen oligocäner Ablagerungen in Birket el Querum in Mittelägypten lehrt. Die reichste Entwickelung der rein marinen Ablagerungen finden wir im Vicentinischen, in Ungarn und in der Gegend von Bordeaux; doch fehlen sie auch in vielen anderen Gegenden

Digitized by Google

nicht. Ausgezeichnet sind die alpinen Oligocänablagerungen durch das massenhafte Vorkommen großer Stöcke von Riffkorallen, die, bei Crosara und Castel Gomberto bei Vicenza und bei Oberburg in Kärnten prachtvoll ausgebildet, weit nach Norden reichen.

Im oberen Oligocän verläßt das Meer viele Gegenden Südeuropas, es bilden sich große Binnenwasser von meist brackischem, selten von süßem Wasser, und die Ablagerung von Kohlen ist in dieser „aquitanischen Stufe" ausgedehnt. In dem mehrfachen Wechsel von stärker marinen mit mehr brackischen Schichten kommen als Leitfossile Cerithium margaritaceum und Cryene semistriata vor; die Reste großer Anthracotherien sind hier sehr verbreitet. Hierher gehören die Kohlenflöze von Miesbach, Peißenberg, Pensberg und anderen Orten am Rande der Bayrischen Alpen, die kohlenführenden Sotzkaschichten von Sotzka, Trifail, Sagor und anderen Orten in Steiermark und Krain, einige Kohlenvorkommnisse in Kroatien und Slawonien, im Schylthal in Siebenbürgen, von Monte Promina in Dalmatien, von Cadibona in Ligurien und verschiedenen Punkten in der Schweiz und Südfrankreich.

Wo am Nordrande der Alpen diese oberoligocänen oder aquitanischen Ablagerungen auftreten, gehören sie einem äußeren Gürtel an, der nördlich von dem Flyschgebiet verläuft. Mittel- und oberoligocäne sowie miocäne Schichten bilden diese äußere Zone, in der grobe, häufig fossilreiche Sandsteine herrschen. Zu ihnen gesellen sich oft Konglomerate, bisweilen von außerordentlicher Mächtigkeit: der Rigi und der Speer sind aus derartigen Gesteinen, der Nagelfluh, zusammengesetzt. Nach Studer stammen die Rollsteine, die die Konglomerate gerade in dieser Gegend zusammensetzen, in gewissen Abteilungen nicht aus den Alpen, sondern aus Felsarten, die im gegenüberliegenden Schwarzwald anstehen.

Mit einem im Waadtland gebräuchlichen Lokalnamen hat man alle diese subalpinen Tertiärbildungen als Molasse bezeichnet. Molassenzone wird der Gürtel genannt, den sie am Rande der Alpen bilden, ein bald breiteres, bald schmäleres Gebiet, meist aus sanft gerundeten Hügeln und niederen Bergen bestehend, das sich nur in der Schweiz fast bis 2000 m ansteigenden Höhen erhebt. In Oberschwaben und in der Schweiz greifen übrigens die Molasseschichten weit über diese subalpine Zone hinaus nach Norden; namentlich im Gebiete des Juragebirges sind sie gleich den älteren Ablagerungen mächtig gefaltet und aufgerichtet.

Vielfach unterscheidet man vier Unterabteilungen: als ältestes Glied die untere Meeresmolasse, mitteloligocäne Maringebilde umfassend, dann die untere Süßwassermolasse oder die Stufe der oberoligocänen (aquitanischen), kohlenführenden Ablagerungen, während die obere Meeresmolasse und die obere Süßwassermolasse dem Miocän zufallen.

Das ältere Tertiär außerhalb Europas.

Gelegentlich haben wir Beispiele von außereuropäischen Eocän- und Oligocänbildungen angeführt, die mit denen Europas in unmittelbarem räumlichen Zusammenhange stehen oder sich in ihrer Entwickelung der unseres Erdteiles enger anschließen: so die Zone von Nummulitenkalken, die sich von der atlantischen Ostküste durch Nordafrika und einen breiten Strich Asiens, nach Vorderindien, nach den Sundainseln und bis zu den Philippinen, erstreckt.

Weit im Südosten hat der südliche Teil des australischen Kontinents Eocänablagerungen mit einer Molluskenfauna geliefert, die mit der des Londoner Beckens verglichen wird. Seltsamerweise sind bei Schnecken verschiedener Gattungen die Embryonalwindungen, der zuerst von dem noch ganz jungen Tiere gebaute Teil des Gehäuses, blasenförmig aufgetrieben. Einer der merkwürdigen Fälle, wo ein bedeutender Anteil einer Fauna mit einem von engeren Ver-

Digitized by Google

wandtschaftsbeziehungen unabhängigen Lokalcharakter ausgestattet ist, der in keiner Weise auf gemeinsame Abstammung, wohl aber auf die unmittelbare Einwirkung äußerer Lebensverhältnisse zurückgeführt werden darf. Von der pazifischen Küste Südamerikas hat Philippi Konchylien beschrieben, von denen ein Teil eocänen oder besser oligocänen Alters sein dürfte. Größere Ausdehnung erreichen eng miteinander verbundene tertiäre und diluviale Ablagerungen in den weit ausgedehnten Ebenen, die sich im südlichen Teile des Kontinents von der atlantischen Küste bis tief ins Innere der Argentinischen Republik und Patagoniens ziehen. Diese Ablagerungen sind großenteils Binnenbildungen, zum Teil von lößartiger Beschaffenheit, wie sie nur durch das vereinigte Zusammenwirken des über die weiten Ebenen fegenden, feinsten Staub da aufwirbelnden, dort wieder absetzenden Windes, des atmosphärischen Wassers und der Flüsse entstehen können. Eigenartige und reiche Säugetierfaunen erwuchsen auf diesem Boden, der seit dem Ende der mesozoischen Zeit Festland war. Obwohl ihre Reste in verschiedenen Schichten aufbewahrt sind, gehen doch die Ablagerungen einer Stufe allmählich in die nächstfolgende über. Somit stellt sich diese ganze „Pampasformation" als eine einheitliche Bildung dar. Nur in Entrerios, wo zwischen den Flüssen Paraná und Uruguay ein flacher Meerbusen in das Festland eingriff, entstanden Deltabildungen und umschlossen Meeresmuscheln zugleich mit Resten von Landtieren.

Im argentinischen Tertiär wurden zuerst zwei Stufen unterschieden: die guaranitische und die patagonische. Von jener gehört aber der untere Teil bestimmt noch zur Oberkreide; er wurde in einem flachen Meere abgeschieden. Erst als sich dieses verlaufen hatte, begannen die terrestrischen Bildungen des Alttertiärs mit den Sandsteinen und Konglomeraten der Pehuenche-Schichten oder der oberen guaranitischen Stufe. Die höchst merkwürdigen Fossileinschlüsse dieser Stufe besprechen wir weiter unten; hier wollen wir nur die Reihenfolge der Ablagerungen kennen lernen. Diese bestehen über den Pehuenche-Sandsteinen abermals aus Meeresbildungen; mesozoische Typen, Baculiten und Enaliosaurier, erscheinen hier zum letztenmal. Dann folgen terrestrische Schichten, die eine außerordentlich reiche Säugetierfauna bergende Santa-Cruz-Formation, über die sich Basaltströme schützend ausbreiteten. Nachher drang in Entrerios abermals das Meer vor. Von den Konchylien, die in den marinen Entrerios-Schichten enthalten sind, ist bisher keine einzige Art außerhalb Südamerikas gefunden worden und keine mit der jetzigen atlantischen Fauna verwandt. Dagegen stimmen einige Arten mit solchen des chilenischen Tertiärs überein, und die besonders bezeichnende Schneckengattung Struthiolaria hat nur in den neuseeländischen Gewässern Verwandte. Daher sollte man meinen, die Entrerios-Schichten könnten nicht jünger sein als miocän. In der That werden sie von F. Ameghino, dem verdienstvollen Erforscher der südamerikanischen fossilen Säugetiere, für oligocän und demgemäß die darunterliegende Santa-Cruz-Fauna für eocän erklärt, doch ist deren differenzierter Charakter dieser Annahme, wie wir sehen werden, nicht günstig. Natürlich überträgt sich diese Unsicherheit auch auf die jüngeren, über den Entrerios-Schichten folgenden Pampaslehme, die, nun nicht mehr von marinen Transgressionen gestört, eine einförmige Ablagerung bis an die Schwelle der Jetztzeit bilden.

Große Verbreitung haben marine Schichten des unteren Tertiärs in Westindien, wo sie auf mehreren Inseln gefunden worden sind. Diese Versteinerungen enthalten eine reiche Korallenfauna, die mit der des vicentinischen Oligocäns von Castel Gomberto und Crosara auffallend übereinstimmt. Es muß sich damals mindestens eine Anzahl von Inseln quer über den Atlantischen Ozean erstreckt haben, an deren Rändern die Fortpflanzung der Korallenarten stattfinden konnte. Wir können sogar einige Anhaltspunkte für die Lage dieser Wanderstraße gewinnen: seit Ende der Jurazeit hat Nord- und Mitteleuropa keine nennenswerten Vorkommnisse von Riffkorallen mehr die Nordgrenze ihrer Verbreitung, wie sie oben geschildert wurde, fällt annähernd mit der Nordgrenze der alpinen Region zusammen. Da demnach eine im Norden des Atlantischen

Digitized by Google

Ozeans, von Nordfrankreich oder England aus, sich ausdehnende Landmasse oder Inselkette von keinerlei Einfluß sein könnte, muß die Verbindung, weil Südeuropa und das nördlichste Afrika damals vom Meere bedeckt waren, vom tropischen Afrika aus gegen Westen stattgefunden haben.

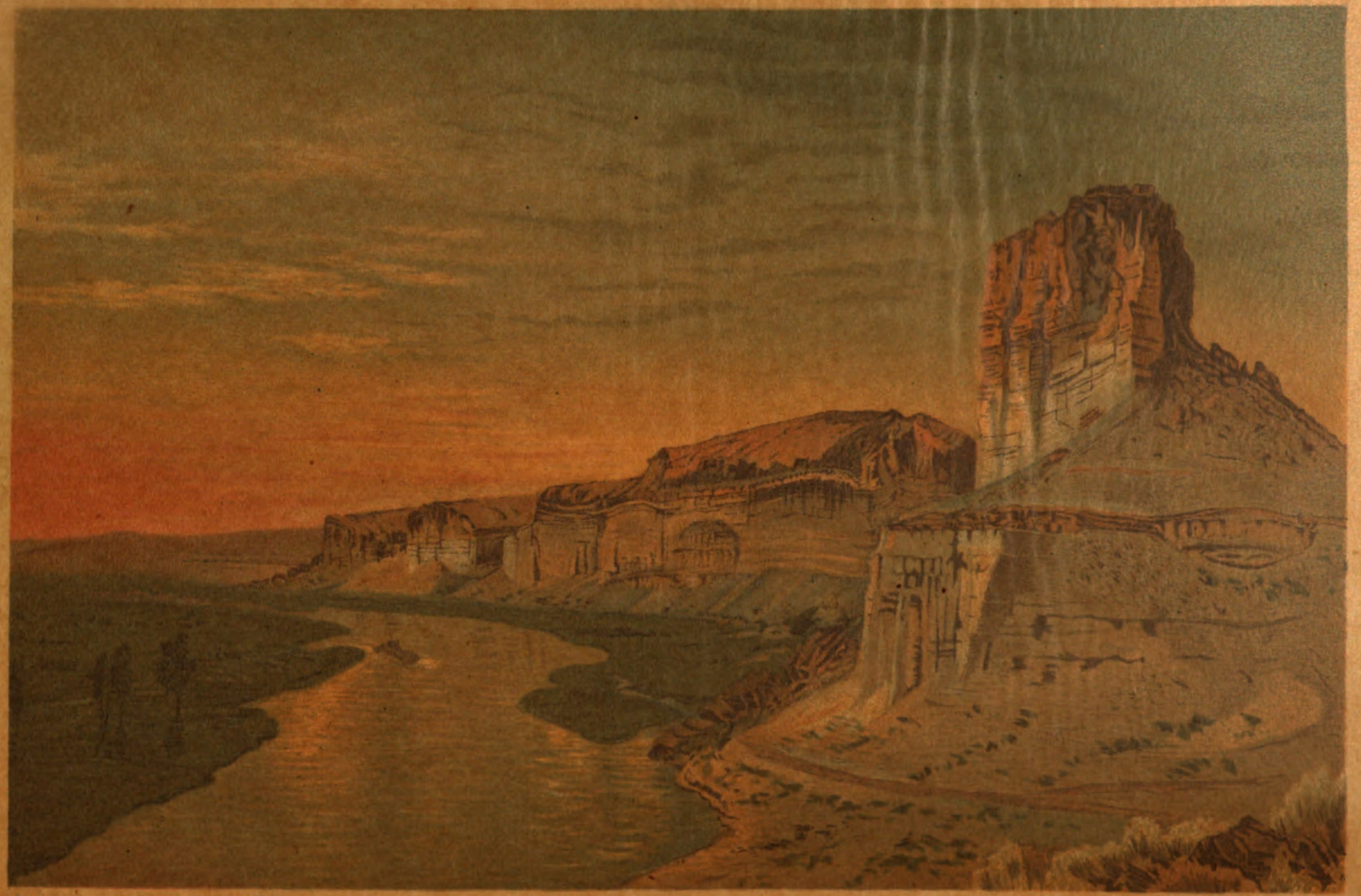
Das nordamerikanische Festland birgt in sehr großer Ausdehnung Ablagerungen des unteren Tertiärs. Marine Bildungen treten sowohl an der pazifischen als an der atlantischen Küste auf, während sich in den großen Binnenseen der weiten zentralen Gebiete die ungeheuern Mengen von Säugetierresten finden. An der atlantischen Küste umgeben die marinen Bildungen in einer breiten Zone den Golf von Mexiko im Westen und Norden, setzen östlich davon einen großen Teil der Halbinsel von Florida zusammen und ziehen sich von da gegen Norden bis nach Virginien; außerdem erstrecken sie sich im Becken des Mississippi weit nach Norden, ungefähr bis zur Einmündung des Ohio. An der pazifischen Küste von Nordamerika ist namentlich in dem Küstengebirge, der Coast Range, die Tejongruppe als Vertreterin des Eocäns zu nennen, eine Ablagerung, die in ihren zahlreichen Schnecken und Muscheln durchaus den Charakter des älteren Tertiärs zeigt, daneben aber vereinzelte Ammonitenreste enthält.

Im Inneren der Vereinigten Staaten sind die oligocänen und eocänen Binnenablagerungen mit Säugetierresten außerordentlich verbreitet. Die Hauptmasse ihrer Entwickelung, namentlich für die älteren Horizonte, liegt jedoch in dem Raume zwischen den Rocky Mountains und dem Wahsatchgebirge. Die tertiären Süßwasserablagerungen bilden der Hauptsache nach ein weites, dürres Tafelland, nur durch einzelne Hügelzüge und die Steilabfälle einzelner Terrassen des Tertiärs unterbrochen; das Ganze ist eine Wüste von vorwiegend gelblichgrauer Farbe mit grünen und aschgrauen Partien. Innerhalb dieses Gebietes werden die eigentlichen Mauvaises Terres oder Bad Lands vorwiegend von den steilen, 60—200 m hohen Abstürzen der tertiären Tafeln gebildet und sind durch Erosion phantastisch ausgenagt. Die zarten eocänen Mergel und Sande sind zu zahllosen Türmen und Türmchen, zu burgähnlichen Massen und Obelisken ausgearbeitet, so daß sie aus einiger Entfernung wie große, befestigte Städte mit zinnengekrönten Mauern, mit Basteien und vorgeschobenen Forts aussehen (s. die beigeheftete Tafel „Eocänablagerungen in Wyoming, Nordamerika“). Die ganze Gegend ist fast ohne alle Vegetation, und nur wenige kümmerliche Wüstenkräuter wachsen in großen Zwischenräumen.

Übrigens schlugen sich nicht aus einem See von gleichbleibendem Umfange nach und nach alle diese tertiären Süßwasserablagerungen nieder. Nach dem Ende der Kreidezeit und nach Bildung der Laramieschichten, die auf der Grenze zwischen Kreide und Tertiär liegen, setzten sich im Nordwesten Neumexikos und im südwestlichen Colorado die Puercoschichten ab, und diese wurden von Schichten überlagert, die den Wahsatch-Schichten entsprechen. Ein großer See breitete sich zwischen den Rocky Mountains und Wahsatch aus; und hier entstanden die Schichten der untereocänen Wahsatchgruppe in einer Mächtigkeit von nicht weniger als 1500 m. Sie umschließen die Reste von Coryphodon, Phenacodus und einer Reihe anderer Säugetiere (vgl. oben, S. 337). Dann scheint eine Einengung dieses Sees stattgefunden zu haben, und auf einem kleineren Areal lagerten sich die Green-River-Schichten in einer Mächtigkeit von etwa 600 m ab, die keine Säugetiere, wohl aber zahlreiche Reste von Fischen geliefert haben. Eine weitere Zusammenziehung ließ den See, wie es scheint, in zwei gesonderte Becken zerfallen, und in diesen entstanden die 750 m mächtigen Schichten der Bridgergruppe, die die riesigen Dinoceraten, Tillodonten und andere merkwürdige Formen umschließen. Noch später lagerte sich dann die etwa 150 m mächtige Uintagruppe in einem letzten Reste des ursprünglichen Wahsatchsees in der nordöstlichen Ecke von Utah am Südfuße der Uintaberge ab.

Also schrumpft hier während des Eocäns und eines Teiles vom Oligocän ein Binnensee von gewaltiger Größe zu immer kleinerem Umfange zusammen, und darin setzen sich Süßwasser-

Digitized by Google



EOCÄNABLAGERUNGEN IN WYOMING (Nordamerika).

(Nach U. S. A. Geological Survey.)

UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

Europa, von Nordfrankreich oder England aus, sich ausdehnende Landmasse oder Inselkette von [illegible] konnte, muß die Verbindung, weil Südeuropa und das nördlichste Afrika damals vom Meere bedeckt waren, vom tropischen Afrika aus gegen Westen stattgefunden haben.

Das nordamerikanische Festland birgt in sehr großer Ausdehnung Ablagerungen des tertiären Tertiärs. Marine Bildungen treten sowohl an der pazifischen als an der atlantischen Küste auf, während sich in den großen Binnenbecken der weiten zentralen Gebiete die ungeheuern Mengen von Säugetierresten finden. An der atlantischen Küste umgeben die marinen Bildungen in einer breiten Zone den Golf von Mexiko im Westen und Norden, setzen östlich davon einen großen Teil der Halbinsel von Florida zusammen und ziehen sich von da gegen Norden bis nach Virginien; außerdem erstrecken sie sich im Becken des Mississippi weit nach Norden, ungefähr bis zur Einmündung des Ohio. An der pazifischen Küste von Nordamerika ist namentlich in dem Küstengebirge [illegible] Kalifornien, die Tejongruppe als Vertreterin des Eocäns zu nennen, eine [illegible] reich an zahlreichen Schnecken und Muscheln durchaus den Charakter des [illegible] aber vereinzelte Ammonitenreste enthält.

Im Innern [illegible] sind die oligocänen und eocänen Binnenablagerungen mit Süßwasserbildungen vertreten. Die Hauptmasse ihrer Entwickelung, namentlich für die [illegible] in dem Raume zwischen den Rocky Mountains und dem Wahsatchgebirge. Die tertiären Süßwasserablagerungen bilden der Hauptsache nach ein weites, ödes Tafelland, nur durch einzelne Hügelzüge und die Steilabfälle einzelner Terrassen des Tertiärs unterbrochen, das Ganze ist eine Wüste von vorwiegend gelblichgrauer Farbe mit grünen und aschgrauen Partien. Innerhalb dieses Gebietes werden die eigentlichen Mauvaises Terres oder Bad Lands vorwiegend von den steilen, 60—200 m hohen Abstürzen der tertiären Tafeln gebildet und sind durch Erosion phantastisch ausgenagt. Die zarten eocänen Mergel und Sande sind zu zahllosen Türmen und Türmchen, zu burgähnlichen Massen und Obelisken ausgearbeitet, so daß sie aus einiger Entfernung wie große, befestigte Städte mit zinnengekrönten Mauern, mit Basteien und vorgeschobenen Forts aussehen (s. die beigeheftete Tafel „Eocänablagerungen in Wyoming, Nordamerika"). Die ganze Gegend ist fast ohne alle Vegetation, und nur wenige kümmerliche Wüstenkräuter wachsen in großen Zwischenräumen.

Übrigens schlugen sich nicht aus einem See von gleichbleibendem Umfange nach und nach alle diese tertiären Süßwasserablagerungen nieder. Nach dem Ende der Kreidezeit und nach Bildung der Laramieschichten, die auf der Grenze zwischen Kreide und Tertiär liegen, setzten sich im Nordwesten Neumexikos und im südwestlichen Colorado die Puercoschichten ab, und diese wurden von Schichten überlagert, die den Wahsatch-Schichten entsprechen. Ein großer See breitete sich zwischen den Rocky Mountains und Wahsatch aus; und hier entstanden die Schichten der untereocänen Wahsatchgruppe in einer Mächtigkeit von nicht weniger als 1500 m. Sie umschließen die Reste von Coryphodon, Phenacodus und einer Reihe anderer Säugetiere (vgl. oben, S. 337). Dann scheint eine Einengung dieses Sees stattgefunden zu haben, und auf einem kleineren Areal lagerten sich die Green-River-Schichten in einer Mächtigkeit von etwa 600 m ab, die keine Säugetiere, wohl aber zahlreiche Reste von Fischen geliefert haben. Eine weitere Zusammenziehung des Sees, wie es scheint, in zwei gesonderte Becken zerfallen, und in diesen entstanden die 700 m mächtigen Schichten der Bridgergruppe, die die riesigen Dinoceraten, Titanotherien [illegible] merkwürdige Formen umschließen. Noch später lagerte sich dann die etwa 150 m [illegible] Uintagruppe in einem letzten Reste des ursprünglichen Wahsatchsees in der nordwestlichen Ecke von Utah am Südfuße der Uintaberge ab.

Also schrumpfte bei Beginn des Eocäns und eines Teiles vom Oligocän ein Binnensee von gewaltiger Größe zu immer kleinerem Umfange zusammen, und darin setzen sich Süßwasser-

Digitized by Google

EOCÄNABLAGERUNGEN IN WYOMING (Nordamerika).

(Nach U. S. A. Geological Survey.)

UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

Digitized by Google

schichten in der ungeheuern Mächtigkeit von etwa 3000 m ab. Ungefähr um dieselbe Zeit, wo die letzten Reste dieses Sees verschwanden, entstehen in anderen benachbarten Gegenden neue Binnenbecken. Östlich von den Rocky Mountains sehen wir, wie sich einige große Seen, die wahrscheinlich miteinander in Verbindung standen, zwischen dem Missouri und den östlichen Teilen von Wyoming und Colorado bilden, und ähnliche Wasseransammlungen treten weit im Westen, in Oregon und im nordwestlichen Nevada, auf. Die Ablagerungen, die sich darin absetzten, werden als die White-River-Schichten bezeichnet. Endlich findet eine abermalige Umgestaltung der Oberfläche statt; in neuen Seen werden die Loup-Fork-Schichten abgesetzt, die schon weit ins jüngere Tertiär hineinreichen. Demnach erhalten wir im Zentrum und im Westen der Vereinigten Staaten folgende Reihe von Ablagerungen, von denen jede (mit Ausnahme der Green-River-Schichten) durch eine selbständige Säugetierfauna ausgezeichnet ist:

7) Loup-Fork-Gruppe.
6) White-River-Gruppe.
5) Uintagruppe.
4) Bridgergruppe.
3) Green-River-Gruppe.
2) Wahsatchgruppe.
1) Puercogruppe.

Die alttertiären Säugetierfaunen.

Wiederholt haben wir hervorgehoben, daß die Organismen des Festlandes in ihren Veränderungen mit denen des Meeres nicht gleichen Schritt halten; von verschiedenen Bedingungen abhängig, gehen beide ihre eigenen Entwickelungswege. Nachdem wir von den marinen Lebewesen des Alttertiärs schon gesprochen haben, wollen wir in den Werdegang der Festlandsorganismen dieser Zeit Einblick zu gewinnen suchen.

In Europa finden sich die ältesten eocänen Säugetierreste in den Sanden von Bracheux und in den Konglomeraten von Cernays bei Reims. Trotz ihrer Dürftigkeit gewinnen sie durch den Vergleich mit der weit reicheren Puercofauna Nordamerikas hohe Bedeutung. Durch Vollständigkeit der Reste und Größe ragt die Creodontengattung Arctocyon hervor, an die sich eine Anzahl kleinerer und unvollständiger bekannter primitiver Creodonten anschließt. Dazu kommen kleine Insektenfresser (Adapisorex), ferner einige Huftiere aus der Stammgruppe der Condylarthra (Pleuraspidotherium, Orthaspidotherium) und zwei zweifelhafte Lemuriden. Endlich haben noch die Multituberculatengattungen Neoplagiaulax und Liotomus, Nachklänge aus mesozoischer Zeit, die Schwelle der känozoischen Periode überschritten.

Der Vergleich dieser Fauna mit der ältesten Eocänfauna Nordamerikas läßt unmittelbar die typische Gleichartigkeit beider hervortreten. Die großen Hauptgruppen der Puercofauna sind dieselben wie in Cernays: primitive Condylarthra, primitive Creodonten, Neoplagiaulax, einige andere Multituberculaten und endlich Lemuriden; natürlich waren die weite Ausdehnung und die Bildungsbedingungen der amerikanischen Puercoschichten äußerlich günstiger. Und wenn die Gruppen der Tillodonten und Amblypoden der ältesten Eocänfauna nur in Nordamerika zu haben sind, so dürfte dies wohl nur auf die mangelhafte Überlieferung in Europa zurückzuführen sein. „Überblickt man die Gesamtheit der bei Reims und im Puerco vorkommenden Säugetiere, so findet man neben einigen aus der Kreide übernommenen Allotherien (Multituberculaten) und neben den rätselhaften, schon im Eocän aussterbenden Tillodontia vier verschiedene Ordnungen von placentalen Säugetieren (Creodontia, Condylarthra, Amblypoda, Pachylemuria). Die erst im jüngeren Eocän zur vollen Entfaltung gelangenden typischen Repräsentanten dieser vier Ordnungen stehen einander in äußerer Erscheinung und in Gesamtorganisation fern; die Formen der Puerco- und Cernays-Fauna dagegen sind durch eine Reihe gemeinsamer Merkmale so eng

Digitized by Google

miteinander verknüpft, daß in vielen Fällen die Bestimmung der Ordnung Schwierigkeiten bereitet. Sie besitzen alle fünfzehige plantigrade Extremitäten, deren Endphalangen weder mit echten Hufen noch echten Krallen, sondern mit einem Mittelding zwischen beiden versehen sind; bei allen bleiben die Vorderarm- und Vorderfußknochen getrennt; der Humerus ist fast immer von einem Foramen entepicondyloideum durchbohrt, das Femur hat einen dritten Trochanter, und im Carpus war höchstwahrscheinlich überall ein Centrale vorhanden. Sämtliche Schädel haben niedrige, langgestreckte Form, stark entwickelte Gesichtsknochen, winzige Hirnkapsel, glatte Hemisphären des Großhirns und ein von diesem nicht überdecktes Kleinhirn. Auch das Gebiß läßt noch keine nennenswerte Differenzierung erkennen. Wäre es möglich, den Tiergestalten der Cernays- und Puercoperiode Leben einzuhauchen und sie unter unsere heutige Säugetierfauna zu versetzen, so würde vermutlich jeder Zoolog die damaligen Creodontia, Condylarthra, Pachylemuria und Amblypoda in eine einzige einheitliche Ordnung zusammenstellen, obwohl sie unzweifelhaft die primitiven Vorläufer von vier, nachmals stark differenzierten Gruppen darstellen. Dieses Zusammenwachsen verschiedenartiger Stämme in eine gemeinsame Wurzel bildet eines der stärksten Argumente zu gunsten der Deszendenztheorie, zugleich aber auch eine nicht geringe Schwierigkeit für die Systematik. Hätten sich die alteocänen Säugetiere nicht weiter entwickelt und differenziert, so würde man vermutlich unter den placentalen Säugetieren nur zwei Ordnungen unterscheiden, wovon eine die Tillodontia, die andere alle übrigen Formen enthielte." (K. A. v. Zittel.)

Obwohl schon die nächstfolgende, die Coryphodon-Fauna des Eocäns in ihrem Gesamtcharakter wesentlich verändert ist, bleiben doch die engen Beziehungen zwischen Nordamerika und Europa aufrecht. Dort ist die Coryphodonfauna in den Wahsatch-Schichten reich, hier arm entwickelt: spärlich finden sich Reste in dem englischen Londonthon, dem unteren Meeressand, dem plastischen Thon und Lignit des Pariser Beckens und endlich in den Bohnerzen des Jura eingeschlossen. Leider ist bei den letzten infolge ihrer eigentümlichen Erhaltungsweise keine Gewähr dafür gegeben, welche von diesen Formen gleichzeitig gelebt haben. Die Oberjurakalke in Süddeutschland, der Schweiz und Südfrankreich sind nämlich vielfach von Klüften und Spalten durchsetzt, in die von obenher eine Menge fester Körper eingeschwemmt wird. Häufig genug werden jetzt mit anderen Dingen auch Teile von Tieren hineingewaschen, und ebenso geschah dies auch in der Vorzeit. In manchen solcher Spalten finden wir eingeschwemmte Terra rossa, die rote Erde, die aus der Verwitterung der Kalke als letzter Rückstand zurückbleibt, ferner das aus dieser ausgelaugte Eisen in Form von Bohnerz, dazu Trümmer des Jurakalkes und endlich oft in außerordentlicher Menge Zähne und Knochenfragmente von Säugetieren. Da nun die Einschwemmung schon im Untereocän begonnen und bis zum Schluß des Eocäns angedauert hat, sind hier alt-, mittel- und obereocäne Säugetierreste untereinander gemengt. Trotzdem hat dieses Vorkommen eine große Wichtigkeit zu beanspruchen. Ist es doch Rütimeyer gelungen, in den Bohnerzen von Egerkingen in der Schweiz Formen nachzuweisen, die bisher für ausschließlich amerikanische Typen gegolten haben.

In der Coryphodon-Fauna fehlen schon die altertümlichen Multituberculaten. Die Creodonten gewinnen ein ausgesprochenes Raubtiergepräge, und unter den Huftieren sondern sich scharf Amblypoden, Condylarthren und Unpaarhufer. Dabei sind die leitenden Typen Nordamerika und Europa gemeinsam: Coryphodon unter den Amblypoden, Hyracotherium und Pachynolophus unter den Unpaarhufern, Phenacodus und Protogonia unter den Condylarthren. Calomodon und Esthonyx, die häufigsten Tillodontier Nordamerikas, sind auch in Europa nachgewiesen und erscheinen von den gleichzeitig auftretenden Nagetieren scharf geschieden. Ein fernerer Fortschritt im Vergleich zur Puercofauna ist das Auftreten von Paarhufern in spärlichen und primitiven Vorläufern dieser später so stark vorherrschenden Gruppe.

Digitized by Google

Die dritte Entwickelungsphase der Säugetierwelt spielt sich in Europa im mittleren und oberen Eocän ab. Leider waren aber damals die Erhaltungsbedingungen in Europa noch weniger günstig als vorher. Die Unmöglichkeit, die Reste aus den Schweizer Bohnerzen nach dem geologischen Alter zu sondern, macht sich besonders bei dieser Fauna fühlbar. Einzelne Formen werden aus der Coryphodonperiode übernommen, wie Hyracotherium und Pachynolophus, dazu treten in großer Zahl neue Unpaarhufer, wie der tapirähnliche Lophiodon, nach dem man diese Fauna auch als die Lophiodonfauna bezeichnet, ferner Propalaeotherium, Paloplotherium, Palaeotapirus und andere. Von Creodontiern ist Proviverra zu nennen. Die Beziehungen zu Nordamerika treten in dieser Periode scheinbar zurück: die ungefähr gleichalterigen Bridger-Schichten enthalten eine Fülle der sonderbar plumpen Dinoceraten (vgl. oben, S. 339), die außerhalb Nordamerika noch nicht gefunden sind. Neue Entdeckungen kann aber jeder Tag bringen. Haben doch so ziemlich sämtliche Formen der europäischen Lophiodonfauna Verwandte in Nordamerika, oder sind dort durch wenig abweichende Arten vertreten. Während die altertümlichen Typen der Creodonten, ferner die Tillodonten in der Bridger-Fauna zurücktreten, nehmen die Nagetiere und die Paarhufer zu. Zum erstenmal sind in dieser Periode Meersäugetiere (Zeuglodon, Halitherium) und Fledermäuse nachgewiesen.

Eine neue Tiergesellschaft, in der in Europa namentlich Palaeotherium die erste Rolle spielt, kommt im unteren Oligocän zur Herrschaft. In den Gipslagern von Montmartre, den Braunkohlen von Débruge (Vaucluse), den Süßwassermergeln von Alais und St. Hippolite (Gard), im oberen Rheinthal, in den Süßwasserschichten von Bembridge im südlichen England, in den Bohnerzspalten des schweizerischen, schwäbischen und fränkischen Jura und namentlich in den mit phosphorithaltigem Lehm ausgefüllten Jurakalkspalten im sogenannten Quercy zwischen Villefranche und Montauban liegen die Reste dieser reichhaltigsten unter allen Säugetierfaunen Europas oft in großer Menge begraben. Freilich hat man bei den Bohnerzen und den Phosphoriten von Quercy stets mit dem Übelstand der Faunenmengung zu kämpfen: mischen sich in den Bohnerzen, besonders bei Egerkingen und Mauremont, verschiedene eocäne und oligocäne Formen, so treten im Quercy zu den unteroligocänen auch oberoligocäne, selbst untermiocäne Arten hinzu. Noch bevölkerten damals tapirähnliche Formen, die Palaeotherien und Paloplotherien, die aus der jungeocänen Fauna übernommenen Lophiodon und Pachynolophus in großen Scharen unseren Weltteil. Aber schon beginnen die Paarhufer ihnen den Rang abzulaufen, die von nun an die führende Stellung einnehmen. Ungefähr die Hälfte der paarhufigen Gattungen gehört zu den Anoplotheriden, Formen, die unter allen Paarhufern den Unpaarhufern am meisten nahestehen, deren Extremitäten inadaptiv gebaut, deren Endphalangen über die indifferente Gestaltung der Condylarthren noch nicht hinausgekommen sind. Ihrer Größe und Gestalt nach glichen einige dem Tapir, wie Anoplotherium, andere dem Rehe, wie Dichobune, die Ausgangsform mehrerer Reihen, und Gelocus; und die kleinen vierzehigen Caenotherien schwankten in ihrer Größe zwischen Eichhörnchen und Katze. Ferner sind unter den damaligen Paarhufern bemerkenswert die Traguliden oder Zwerghirsche, die fast schon die Organisationshöhe ihrer jetztzeitlichen Nachkommen erreicht hatten. Nur wenig verändert haben sich seitdem die Zwerghirsche, die unter den jetzigen Wiederkäuern die primitivste Gestaltung haben und als Relikte einer früheren Periode in die Jetztwelt hineinragen. Die Familie der Schweine war zwar ziemlich reichlich, aber nur in tiefstehenden Formen vertreten, wie Cebochoerus, Elotherium, Choeropotamus, deren Extremitäten noch nicht vereinfacht, deren Zähne noch wenig differenziert sind. Die primitiven Creodonten werden von echten Raubtieren verdrängt, obwohl diese mit Ausnahme einiger Katzen den Creodonten noch ziemlich nahestehen. Auch die Halbaffen schreiten fort. Adapis, Caenopithecus, Necrolemur schließen sich zwar an die eocänen Vorläufer an, aber nähern

Digitized by Google

sich in einigen Merkmalen den eigentlichen Affen. Die kleinen Säuger der Paläotheriumfauna: Insektenfresser, Nagetiere, Fledermäuse und Beutelratten, sind durchweg konservativ, da sie von den entsprechenden jetztzeitlichen Formen nicht wesentlich abweichen.

Während sich manche unteroligocäne Typen ins Mittel- und Oberoligocän fortsetzen, verschwinden viele vollständig vom europäischen Schauplatz, ohne durch neue ersetzt zu werden. Nur das Vorherrschen von Anthracotherium, Ancodus und Elotherium verleiht der oberoligocänen oder aquitanischen Säugetierfauna einen besonderen Charakter. Die Ursache dieser dürftigen Entwickelung der aquitanischen Säugetierfauna, ein verarmter Rest der unteroligocänen, ist leicht zu verstehen. Mit dem starken Umsichgreifen des Meeres zur Zeit des Mitteloligocäns wurde das Festland eingeengt, auf die kontinentale folgte eine insulare Entwickelung, und mit der Einschränkung des Areals tritt stets allmählich eine Verarmung der Fauna ein. Häufige Braunkohlenlager im oberen Oligocän beweisen, daß auch auf den vorhandenen Inseln vielfach sumpfiges Moorterrain und Süßwasserseen vorhanden waren; dem entspricht der Charakter der Fauna. Die großen Ancodonten und Anthracotherien glichen in Statur, Organisation und Lebensweise den jetzt lebenden Flußpferden in hohem Grade.

Schon bei der obereocänen Säugetierfauna konnten wir gewisse Unterschiede zwischen der europäischen und der nordamerikanischen Entwickelung feststellen, obwohl dabei zugegeben werden mußte, daß diese Abweichungen zum Teil nur zufälliger Natur sein dürften. Im Oligocän erfährt dies Verhältnis eine weitere Steigerung. In Nordamerika enthalten die Uinta-Schichten die äquivalente Fauna, in der Amblypoden und Tillodontier, die in den Bridger-Schichten so stark hervortreten, verschwunden, dagegen Paarhufer, Unpaarhufer und Creodonten gut vertreten sind. Die Zahl der Europa und Nordamerika gemeinsamen Gattungen ist hier viel geringer. Selbst wenn wir berücksichtigen, daß einige europäische Formen in Nordamerika durch nahestehende Typen vertreten sind, und daß künftige Funde das gegenwärtige Verhältnis verschieben werden, läßt sich doch nicht verkennen, daß sich die Säugetiere in der Oligocänzeit auf beiden Kontinenten viel selbständiger entwickelten als in den früheren Perioden des Alttertiärs. Wenn auch die europäisch-nordamerikanische Landverbindung noch bestanden haben muß, so ist doch sicher die freie Wanderung der Säugetiere stark behindert gewesen. Im Eocän steht die Entwickelung der europäischen Säugetierwelt ersichtlich unter dem Zeichen Nordamerikas. In den weiten Ebenen dieses Kontinents konnten sich die Säugetiere in ungestörter Ruhe zu reicher Formenfülle ausgestalten; dagegen war das unruhige, kleine Europa mit seinen oftmaligen Veränderungen der Festlandsgrenzen und den Bewegungen der Gebirgsbildung nicht der geeignete Boden dazu: es blieb auf die Einwanderung amerikanischer Säugetiere angewiesen. Im Oligocän schwindet diese Abhängigkeit, und wesentlich andere Faktoren spielen dann, wie wir sehen werden, im jüngeren Tertiär mit.

Hat man in den 70er und 80er Jahren nach Nordamerika seinen Blick richten müssen, um die Entwickelung der Säugetierwelt zu verfolgen, so scheint jetzt Südamerika in den Vordergrund zu treten. Auch dieser uralte Kontinent bot ja die geeigneten Bedingungen für ein selbständiges „Schöpfungszentrum", wo eine in sich abgeschlossene Landbevölkerung dem Entwickelungstrieb folgen konnte. Die heutige Säugetierfauna Südamerikas ist sehr eigentümlich. Einen wesentlichen Teil ihres Gepräges erhält sie durch die Menge der Edentaten (Faultiere, Gürteltiere und Ameisenfresser); und noch weit reicher ist diese Tiergruppe in den diluvialen Ablagerungen und im jüngeren Tertiär entwickelt. Diese Formen waren also schon seit alter Zeit auf dem Kontinent heimisch. Die neueren Funde nun, die in der Santa-Cruz-Stufe und in der oberen guaranitischen Stufe gemacht worden sind, rücken die Zeit, seit der diese Typen Südamerika bewohnen, noch erheblich weiter zurück, obwohl ja leider das geologische Alter dieser Bildungen, wie wir schon erwähnt haben, noch strittig ist.

Digitized by Google

Die älteste Fauna ist in den Pehuenche-Schichten enthalten, wo neben Resten von Krokodilen und Dinosauriern zahlreiche Multituberculata vorkommen. Ferner haben sich hier die ersten, leider sehr mangelhaft erhaltenen Huftiere, ein Gürteltier und nicht genauer bestimmbare Reste von Faultieren gefunden. Da die Pehuenche-Schichten, mögen sie nun später in der geologischen Stufenleiter etwas tiefer oder höher gerückt werden, sicher in das Alttertiär gehören, so wird die Autochthonie der südamerikanischen Edentatenfauna durch die Funde dieser Schichten jedenfalls auf das bestimmteste bekräftigt.

Das paläontologische Schwergewicht ruht aber in der Santa-Cruz-Fauna, die mit ihren 121 Gattungen mit der so reichen Oligocänfauna Europas wetteifern kann. Die Forschungen F. Ameghinos haben hier eine überraschende Fülle von Beuteltieren, Faultieren, Nagetieren, Toxodontiern, Creodonten und Huftieren enthüllt. Unter den Beuteltieren herrschen Didelphyiden vor, die noch jetzt in ganz Amerika und im Tertiär auch in der ganzen nördlichen Region verbreitet waren, daneben sind die mit Australien gemeinsamen Dasyuriden zu nennen. Die Edentaten erreichen bei weitem nicht die Größe der jüngeren Riesenformen, sind aber schon in mehrere, den gegenwärtigen entsprechende Unterordnungen gegliedert. Die Nagetiere, von denen einige jetzt lebenden Gattungen recht nahe stehen, gehören durchgehends zu der spezifisch südamerikanischen Gruppe der Stachelschweine.

Im Gegensatz zu der weit vorgeschrittenen Entwickelung dieser Formen sind die Huftiere, zum Teil auch die Toxodonten und Typotherien der Santa-Cruz-Fauna primitiv gestaltet. Am meisten überrascht aber das Vorhandensein von platyrhinen Affen, in denen Ameghino die Stammformen aller heutigen Affen erblicken möchte, während ihnen von anderer Seite ein spezifisch amerikanisches Gepräge zugeschrieben wird. Hat Ameghino recht, ist die Santa-Cruz-Fauna eocänen Alters und bestätigen sich die angeblichen Spuren des Menschen im südamerikanischen Jungtertiär, dann hätten wir wohl diesen Kontinent als die Wiege der Menschheit anzusehen. Anders dagegen, wenn die fraglichen Affenreste einer lokal entwickelten Reihe und dem Miocän angehören, wie M. Schlosser mit Rücksicht auf die hohe Differenzierung und moderne Entwickelung der Edentaten und der Nagetiere der Santa-Cruz-Fauna annimmt. Wir stehen also hier vor einer Reihe höchst wichtiger, aber leider noch offener Fragen, deren Lösung erst nach Feststellung des näheren geologischen Alters der südamerikanischen Säugetierfaunen und deren umfassender paläontologischer Erforschung möglich sein wird.

Allgemeine Verhältnisse des Miocäns.

Das jüngere Tertiär oder Neogen zerfällt in zwei Hauptabteilungen, das Miocän und das Pliocän. Beide haben in Verbreitung und Tierwelt vieles miteinander gemein und erscheinen dadurch wenigstens für unsere europäischen Verhältnisse einander verwandt. Elefantenähnliche Tiere, Nashörner, gehörnte Wiederkäuer geben ihrer Säugetierfauna einen gemeinsamen Charakterzug, während das Zurücktreten oder Verschwinden der Creodonten, Anthracotherien, der wiederkäuerähnlichen Formen mit vollständigem Gebiß, die Spärlichkeit der tapiroiden Tiere dem Oligocän gegenüber Unterschiede begründen. Auch bei den Meerestieren tritt die Verwandtschaft des Miocäns zum Pliocän deutlicher hervor als die zum Oligocän.

In der Anordnung der Meere bildet den wichtigsten Zug die Entwickelung eines Binnenmeeres, das Europa von Afrika trennt, gegen Osten aber geschlossen ist und keine Verbindung mehr mit dem Indischen Ozean hat. Aus dem zentralen Mittelmeer der früheren Zeiten ist durch den Abschluß gegen Osten ein mittelländisches Binnenmeer in unserem heutigen Sinne ge-

Digitized by Google

worden, das in seiner Form zwar noch weit von dem jetzigen abweicht, aus dem sich aber dieses herausgebildet hat. Allerdings können wir nicht bestimmt sagen, daß die Absperrung des Meeres gegen Osten gerade zu Beginn des Miocäns stattgefunden habe. Nur dies können wir behaupten, daß das untere Miocän der älteste Horizont gewesen ist, während dessen Ablagerung die alte Verbindung nach Osten sicherlich nicht mehr existierte.

Die marine Konchylienfauna nähert sich im Miocän erheblich der heutigen: die Zahl der Arten, die mit noch jetzt lebenden genau übereinstimmen, mehrt sich bedeutend, fremdartige treten zurück. Erkennbar sind viel bestimmtere geographische Beziehungen der einzelnen Faunen. Während man z. B. im Alttertiär bei den Konchylien des Grobkalkes nur deren tropisches Gepräge im allgemeinen oder bei den Mollusken des mitteloligocänen Meeressandes nur eine generelle Annäherung an die Typen der subtropischen Region finden kann, sind im Miocän schon viel schärfere Vergleiche möglich. So hat die Meeresfauna in Europa schon ganz ausgesprochen den Charakter der heutigen ostatlantischen Fauna, speziell der des heutigen Mittelmeeres. Dieser Ähnlichkeit, die sich in den späteren Tertiärbildungen erhält, zuliebe hat man die aufeinander folgenden jungtertiären Marinfaunen und namentlich die Südeuropas als die erste, zweite, dritte Mediterranfauna und so fort bezeichnet.

Dieser Ausdruck bedarf einiger Erläuterung. Man könnte glauben, daß sich zu Beginn der Miocänzeit in dem damaligen Mittelmeerbecken eine Fauna entwickelt habe, die ihm bis auf den heutigen Tag mit geringen Änderungen eigen geblieben wäre. Das wäre falsch. Die Fauna des Mittelmeeres und der atlantischen Küstenregion Europas war damals annähernd dieselbe; beide haben sich seither umgestaltet, sind sich aber immer sehr ähnlich geblieben. Nur haben sich in dem abgeschlossenen Binnenbecken manche Formen länger erhalten als an der benachbarten atlantischen Küste; diese ist anderseits späteren Einwanderungen weniger zugänglich gewesen und hat den Charakter der älteren Faunen in mancher Beziehung reiner erhalten.

Übrigens machen sich unter den miocänen Meereskonchylien sowohl in dem Binnenbecken als an der atlantischen Küste Europas Elemente geltend, die heute aus diesen Regionen verschwunden sind, in wärmeren Gegenden aber noch fortleben. Am meisten fallen darunter solche auf, die heute an der senegambischen Küste, an den Kapverdischen Inseln vorkommen. Diese senegambischen Typen waren nicht nur im Mittelmeer vorhanden, sondern reichten auch an der atlantischen Küste viel weiter nach Norden als heute und gelangten von hier, von Westen her, in das mediterrane Gebiet. Auch einige westindische Typen finden sich in der Miocänfauna, während die Beziehungen zum Indischen und Pazifischen Ozean stark zurücktreten. Besonders fehlt fast jede Verwandtschaft mit der Fauna des Roten Meeres, obwohl beide Meere heute nur durch den schmalen und flachen Isthmus von Suez getrennt sind. Bei Suez findet man eine Konchylienbevölkerung, die ganz mit der des Indischen Ozeans übereinstimmt; sobald man aber die wenige Meilen breite Landenge überschritten hat, trifft man bei Port Said die Fauna des Mittelmeeres, und kaum eine oder die andere Art ist beiden Plätzen gemeinsam. Im Miocän hat allerdings das Rote Meer noch nicht existiert; aber auch später ändert sich nur wenig an diesem Verhältnis: nur kurze Zeit fand eine beschränkte Verbindung beider Meere statt. Aber es scheinen keinerlei Formen von Süden nach Norden vorgedrungen zu sein, nur einige Mittelmeerarten betraten das Gebiet des Roten Meeres, und deshalb werden einige Typen jenes Gebietes in diesem durch nahe verwandte Arten vertreten.

In der Entwickelung der Säugetiere ist der Unterschied zwischen dem Miocän und Oligocän am auffallendsten. Die wichtigsten unter den neuen Formen sind die Rüsselträger oder Proboscidier. Wir haben diese Verwandten der Elefanten schon früher kennen gelernt, die Mastodonten mit vier Stoßzähnen und die Dinotherien mit zwei nach abwärts gerichteten

Digitized by Google

Stoßzähnen im Unterkiefer. Zwar sind die Formen des Miocäns nicht die größten ihres Geschlechtes, aber doch die gewaltigsten Landtiere, die bisher in Europa erschienen sind. Namentlich Mastodon angustidens ist eine für das Miocän überaus charakteristische Form, während die übrigen Rüsselträger von manchen geologisch jüngeren Arten nicht eben leicht zu unterscheiden sind. Die Urheimat dieser geologisch wichtigen Gruppe ist gegenwärtig noch völlig in Dunkel gehüllt. Offenbar mußte die Abzweigung vom Hauptstamme sehr frühzeitig erfolgt sein; denn da schon die ältesten Formen stark spezialisiert sind, haben sie eine länger dauernde Entwickelung zur Voraussetzung. Auch enthalten sie in der Handwurzel noch ein freies Centrale, ein Knochen, der schon bei den primitiven Condylarthren mit anderen verschmolzen oder reduziert ist.

Von anderen Tieren treten mehrere Rhinozerosarten mit und ohne Hörner auf, ferner ein echter Tapir und als der wichtigste unter den Unpaarhufern ein Typus aus der Ahnenreihe der Pferde, das Anchitherium. Nach dieser verbreiteten, aus Nordamerika eingewanderten Form nennt man die ganze Säugetierfauna des europäischen Miocäns die Anchitherienfauna. Wir haben schon (S. 343) hervorgehoben, daß bei dieser Form nur noch eine Zehe den Boden berührt, wenn auch zwei weitere Zehen an jedem Fuße noch ziemlich kräftig entwickelt sind. Unter den Paarhufern treten schweineartige Tiere (Hyotherium und Listriodon) und Wiederkäuer vollkommener auf als in früheren Ablagerungen. Neben Hirschen, die teils noch hornlos sind, teils ein einfach gabelförmiges Geweih (wie der lebende Muntjak der malayischen Region) tragen, erscheinen, allerdings erst in etwas jüngeren Miocänbildungen, die ersten Antilopen.

Schließlich mögen noch die echten Affen und die Raubtiere erwähnt werden. An die Stelle der im Eocän und Oligocän verbreiteten Creodonten, die in der geringen Differenzierung ihres Gebisses und sonst noch an Beuteltiere und Insektenfresser erinnern, sind die echten Carnivoren mit deutlich von Lücken- wie Kauzähnen verschiedenem Fleischzahne getreten. Das Gebiß des mächtigen Amphicyon, eines Sohlengängers, hat vorwiegend Hundetypus, nähert sich aber durch die Breite der Höckerzähne etwas dem Bärencharakter (vgl. S. 327).

Ein anziehendes Bild gewährt die miocäne Vogelfauna, von deren Zusammensetzung wir verhältnismäßig gut unterrichtet sind, namentlich durch die Arbeiten von Milne-Edwards über die französischen Vorkommnisse aus den Süßwasserkalken der Limagne (Département Allier). Mehr als die Hälfte der beschriebenen Formen kann in jetzt lebende Gattungen eingereiht werden, und auch die erloschenen sind mit rezenten Typen nahe verwandt. Hauptsächlich vertreten sind Sumpf- und Schwimmvögel, da die Fundstätte ein ehemaliger Süßwassersee ist. Häufig tritt ein ausgestorbener Flamingo auf; auch Enten, Pelikane, Taucher, Schnepfen, Kormorane, Strandläufer, Kraniche, Möwen, Reiher und ein ibisähnlicher Vogel sind nicht selten. Viel spärlicher dagegen sind die Reste von Rallen, Tauben, Hühnern, Raubvögeln (Adler, Gabelweih, Uhu, Schleiereule), Spechten, Bachstelzen, Würgern und Krähen. Eine Anzahl dieser Formen ist auch im Süßwasserkalk von Steinheim in Württemberg und von Weisenau bei Mainz nachgewiesen worden. Im Ries bei Nördlingen hat man sogar die Brutplätze der miocänen Pelikane in den dortigen Süßwasserkalken gefunden. Zahllose Knochen dieser Vögel, Eierschalen, an der sie überziehenden Kalkkruste leicht kenntlich, Reste des Genistes kommen dort vor. Ihre Lebensgewohnheiten waren damals annähernd dieselben wie heute, da sie in Sümpfen oder Seen auf schwimmenden Inseln dicht zusammengedrängt nisteten.

Eine Anzahl miocäner Vogelgattungen würde nach den jetzigen Verhältnissen auf gemäßigtes, andere (die Papageie, Trogons, Ibisse, Flamingos) auf tropisches Klima hindeuten.

Ähnliches ergibt sich auch bei anderen Abteilungen des Tierreichs. So haben wir von den Meeresmollusken schon hervorgehoben, daß der größere Teil solchen Formen entspricht, die heute das Mittelmeer bewohnen. Dazu gesellen sich aber Typen von der senegambischen Küste und aus

Digitized by Google

Westindien, also tropische. Zu diesen gehören auch die Rasenkorallen des mediterranen Miocäns. Die miocänen Leithakalke der Umgebung von Wien enthalten große, rasenförmige Stöcke von Porites, Favia und verschiedenen Asträentypen, und das Gestein nimmt stellenweise den Charakter eines Korallenriffes an, wie sie jetzt nur in tropischen Regionen vorkommen. Also ist während der Kreidezeit durch das ältere Tertiär und bis ins obere Miocän die Nordgrenze der Riffkorallen dieselbe geblieben; sie entspricht der Nordgrenze der Alpen. Demnach müßte hier die Temperatur während dieser ganzen Periode annähernd dieselbe geblieben sein.

Von den zahlreichen Land- und Süßwasserkonchylien des mitteleuropäischen Miocäns entsprechen nach F. Sandberger manche (die des unteren Miocäns) den subtropischen, andere (die des oberen) den südeuropäischen Temperaturverhältnissen. Unter den Insekten endlich, die namentlich von Öningen bei Konstanz, von Radoboj in Kroatien, Parschlug in Steiermark und aus der Braunkohle von Rott in reicher Artenzahl bekannt sind, und sich meist an jetzt lebende Gattungen anschließen, finden wir ebenfalls eine Mischung von südeuropäischen und tropischen Typen. Zu diesen gehören namentlich gewisse Wanzen, Singcicaden und Termiten.

Bei klimatischen Fragen muß die Flora um so mehr berücksichtigt werden, als wir sie von zahlreichen Lokalitäten und aus verschiedenen Horizonten kennen. Im allgemeinen ist an Bäumen und Sträuchern größere Mannigfaltigkeit vorhanden, als heute in denselben Gegenden, und ein Artenreichtum, wie er nur in wärmeren Ländern vorzukommen pflegt. Auf ein milderes Klima, als es heute in Mitteleuropa herrscht, weist auch die große Zahl immergrüner Gewächse hin, die ihr Laub nicht jährlich wechseln, von denen die Mehrzahl einem langen strengen Winter zu widerstehen nicht im stande waren. Dazu gesellen sich mehrere Palmen, vereinzelte Sagopalmen, tropische Feigenbäume und Akazien, die auf heißes Klima verweisen. In größerer Zahl als diese aber sind Formen vorhanden, die zwar auf größere Wärme hinweisen, als sie heute nördlich der Alpen herrscht, jetzt jedoch dem südlichen Teile der gemäßigten Zone angehören oder höchstens als subtropisch bezeichnet werden können. Ihre nächsten lebenden Verwandten kommen in den Mittelmeerländern, in Kleinasien, Persien, China, Japan oder im südlichen Teile der Vereinigten Staaten vor. Neben Tulpenbäumen, Kampferbäumen, Lorbeer, Myrten, immergrünen Eichen, Sumpfcypressen und einer Menge anderer treten auch manche Formen auf, die noch heute bei uns leben: Weiden, Erlen, Birken, Buchen, Stechpalmen, Ahorne, Heidelbeeren, Seerosen ꝛc.; ferner Pappeln, Ulmen, Amberbäume und Mammutbäume (Sequoia) in Menge.

Diese Florenelemente sind nicht gleichmäßig im Miocän verteilt. Während in der unteren Abteilung die Typen warmer Gegenden vorherrschen, schließt sich im obersten Miocän der Gesamthabitus dem der wärmeren gemäßigten Gegenden an, und neben den in zweiter Linie stehenden mitteleuropäischen Formen treten namentlich solche hervor, deren nächste Verwandte heute in den Mittelmeerländern und in Nordamerika zu finden sind. Zwischen den einzelnen Fundorten gibt es auch je nach ihrer nördlicheren oder südlicheren Lage erhebliche Unterschiede, die die Abnahme der Temperatur nach Norden deutlich erkennen lassen. Wenn wir z. B. die Flora von Schoßnitz bei Breslau mit der in Steiermark oder bei Öningen vergleichen, so fällt das Zurücktreten der Formen auf, die auf warmes Klima verweisen: die tropischen und subtropischen Pflanzen fehlen ganz, während Sumpfcypressen, Amberbäume und immergrüne Eichen hier noch vorkommen. Diese Ungleichmäßigkeit im Charakter einzelner Abteilungen zusammen mit der früher besprochenen Thatsache, daß Änderungen im Wärmebedürfnis der Organismen angenommen werden müssen, muß uns vor einem allzu bestimmten Urteile warnen. Man hat z. B. berechnet, daß die Flora von Öningen einer mittleren Jahrestemperatur von $18^1/_2{}^0$ C. bedurfte. Da nun die heutige Temperatur etwa 9^0 beträgt, das Meer aber damals weit höher stand als heute,

Digitized by Google

Öningen also nur wenig über dem Meeresspiegel lag, so würde sich dadurch die mittlere Jahreswärme auf etwa $11^1/_2{}^0$ C. erhöhen. Man müßte also annehmen, daß im oberen Miocän die Bodenseegegend um 7^0 C. wärmer war als heute. Ein solcher Schluß ist jedenfalls viel zu positiv. Dasselbe gilt von allen Versuchen, die Jahrestemperatur einer Lokalität in tertiärer oder gar vortertiärer Zeit zu bestimmen; in der Regel werden solche Schätzungen entschieden zu hoch ausfallen.

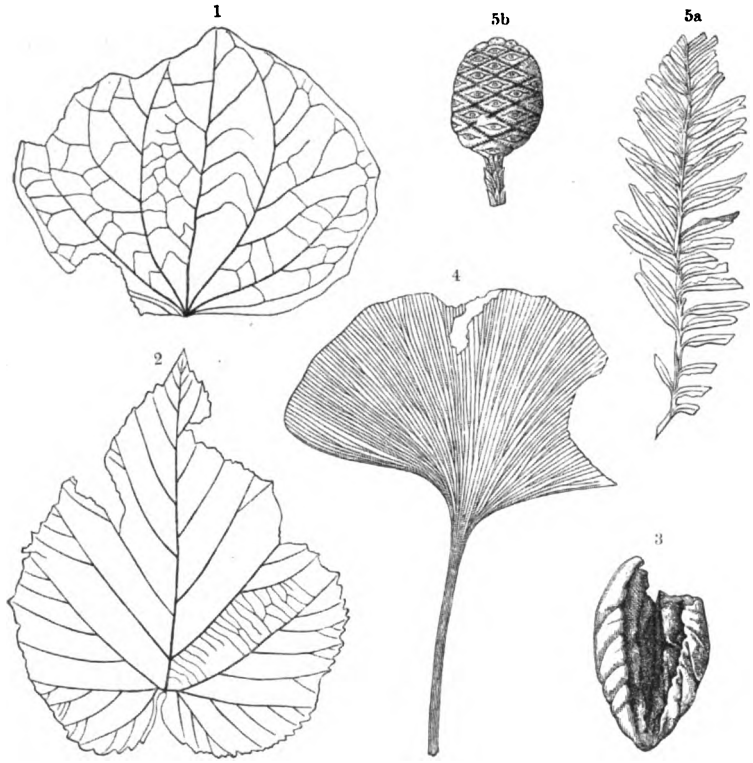
Jedenfalls ist so viel sicher, daß das europäische Klima im Miocän wärmer war als heute. Durch nichts kann diese Thatsache schärfer beleuchtet werden, als durch die Vorkommnisse fossiler Pflanzen im hohen Norden: verschiedene Polarexpeditionen haben solche an mehreren Punkten fast so weit gefunden, wie der Mensch überhaupt in jene Eiswüsten vorgedrungen ist. Das gesamte Material, das hier in früheren Jahren gesammelt worden ist, hat Heer, der ausgezeichnete Kenner vorweltlicher Floren, sorgsam untersucht. Mit Heers eigenen Worten werden wir den Charakter dieser merkwürdigen Floren am besten kennen lernen.

„Wir kennen gegenwärtig aus Island, Grönland, Grinnell-Land, Spitzbergen und Nordkanada 363 miocäne Pflanzenarten. Die nördlichste Fundstelle solcher Pflanzen ist Grinnell-Land bei 81^0 45′ nördlicher Breite und wurde im Jahre 1876 von Kapitän Feilden, Naturforscher bei der damaligen englischen Polarexpedition, entdeckt. Es wurden in einem schwarzen Schiefer 30 Pflanzenarten gesammelt, von welchen 10 zu den Nadelhölzern gehören; die Sumpfcypresse (Taxodium distichum, das noch jetzt im südlichen Teile der Vereinigten Staaten lebt) war da häufig, und es wurden nicht nur die zierlichen beblätterten Zweige, sondern auch die männlichen Blüten gefunden; die Fichte ist eine zweite noch lebende Pflanzenart, die uns in diesem Polarlande begegnet, und ihr waren zwei Kiefern (Pinus Feildeniana und Pinus polaris) beigesellt. Eine eigentümliche ausgestorbene Gattung der Familie der Eibenbäume bildet Feildenia, welche in drei Arten den höchsten Norden bewohnte. Eine Ulme (Ulmus borealis) bildete mit einer Linde, zwei Birken- und zwei Pappelarten den Laubwald, zwei Haselarten mit einem Schneeballe (Viburnum Nordenskiöldi) das Buschwerk; in dem See, der sich dort befunden haben muß, lebte eine Seerose (Nymphaea arctica), und das Ufer bekleideten Seggen und Schilfrohr. Es tritt uns daher in diesem äußersten Teil eine Pflanzenwelt entgegen, welche am meisten mit derjenigen im nördlichen Teile der gemäßigten Zone übereinstimmt und eine mittlere Jahrestemperatur von wenigstens 8^0 C. verlangt, während diese gegenwärtig dort 20^0 C. unter Null liegt. Am nächsten schließt sich die Flora von Spitzbergen an, welche wir von zahlreichen zwischen $77^1/_2$ und $78^2/_3{}^0$ nördlicher Breite gelegenen Stellen in 179 Arten kennen. Auch hier dominieren die Nadelhölzer und die Sumpfcypresse, die Fichte und die Feilbenien treten uns auch hier entgegen, dazu kommt aber noch eine ganze Zahl von Föhren, Fichten und Tannen wie ferner mehrere Mammutbäume (Sequoia, jetzt in Kalifornien lebend) und Glyptostroben, aber auch Cypressen fehlen nicht, so namentlich zwei zierliche Arten von Libocedrus (Libocedrus Sabineana, Libocedrus gracilis). Unter den Laubbäumen treten uns die Pappeln mit sieben Arten entgegen, von denen zwei über die ganze Westseite Spitzbergens, vom Bellsund bis zur King's Bai, verbreitet waren; die Weiden sind selten, ebenso die Erlen, Birken und Buchen. Von größerem Interesse sind zwei großblätterige Eichen-, eine Platanen-, eine Ulmen-, eine Linden-, eine Walnußbaum-, zwei Magnolien- und vier Ahornarten, von denen eine (Acer arcticum) in prächtigen Blättern und Früchten gefunden wurde. Drei Schneeball-, mehrere Cornus-, Nyssa-, Weißdorn- und Judendornarten bildeten mit dem Haselstrauche das Buschwerk. Die arktische Seerose, ein Froschlöffelkraut und ein Laichkraut (Potamogeton Nordenskiöldi) weisen auf einen Süßwassersee, der wahrscheinlich von einem Torfgrunde umgeben war, welchen zahlreiche Riedgräser (Cyperus, Carex), Sparganien

Digitized by Google

und Schwertlilien bekleideten. Überblicken wir diese Flora von Spitzbergen, so vermissen wir zwar in derselben alle Formen der heißen Zone, anderseits weicht sie gänzlich von der jetzigen Spitzbergens und überhaupt von der Flora der arktischen Zone ab; sie hat den Charakter der Pflanzenwelt der gemäßigten Zone, wie wir sie heute im nördlicheren Deutschland antreffen, und läßt auf eine mittlere Jahrestemperatur von 9° C. schließen.

„Einen etwas südlicheren Anstrich hat die fossile Flora von Nordgrönland, welche uns von der Westküste bei 70° nördlicher Breite näher bekannt geworden ist. Wir erblicken unter den 169 Arten, welche uns von da zugekommen sind, eine Magnolie mit immergrünen Blättern, während die beiden Spitzberger Arten offenbar fallendes Laub hatten; ferner haben wir in Grönland einen Kastanienbaum, einen Ginkgo, Diospyrus, Sassafras und lederblätterige Macelintockien und Coculites. Die Sequojen, Taxodien und Pappelarten waren hier ebenso gemein wie auf Spitzbergen; die Eichen treten uns in sieben Arten entgegen und hatten zum Teil große, prächtige Blätter, ebenso die Platanen und die Weinreben [s. obenstehende Abbildung]. Es ist dies eine Flora, die ein Klima andeutet, wie wir es gegenwärtig in der Umgebung des Genfer Sees, z. B. bei Montreux, mit $10^1/_2{}^0$ C. Jahrestemperatur treffen.



Tertiärpflanzen von Grönland: 1) Populus arctica; 2) Vitiphyllum Olriki; 3) Juglans; 4) Ginkgo adiantoides; 5a) Sequoia Langsdorffi, 5b) Frucht. (Nach O. Heer.)

„Daß aber nicht allein Grinnell-Land, Grönland und Spitzbergen zur miocänen Zeit ein viel wärmeres Klima gehabt haben als heute, zeigen uns die fossilen Floren von Island, vom Bärenseefluß in Nordkanada (bei 65° nördlicher Breite), von Simonova im westlichen Ostsibirien, von Alaska, Kamtschatka und von der Insel Sachalin. In allen diesen Ländern sind die Reste von Bäumen und Sträuchern gesammelt worden, welche dies bezeugen und nicht bezweifeln lassen, daß diese hohe Temperatur durch die ganze arktische Zone rings um die Erde verbreitet war. Während für die Schweiz eine Temperaturerhöhung von 9° C. genügt, um die Erscheinungen der Miocänzeit zu erklären, ist dies in der arktischen Zone nicht der Fall. Für Spitzbergen wird gegenwärtig bei 78° nördlicher Breite eine mittlere Jahrestemperatur von —8,6° C. angenommen, für Grönland bei 70° nördlicher Breite von —7° C. Durch den Zusatz von 9° würden wir für letzteres nur +2° erhalten, für ersteres +0,4° C. und für das Grinnell-Land

Digitized by Google

—11° C. erhalten, Temperaturen, bei welchen die aus jenen Gegenden uns jetzt bekannte miocäne Pflanzenwelt unmöglich hätte bestehen können, es muß für diese Gegenden der Unterschied zwischen einst und jetzt 17½°, ja für Grinnell-Land 28° C. betragen. Der Abstand zwischen der miocänen und der lebenden Flora ist demnach in der arktischen Zone noch viel größer als in der gemäßigten, so daß derselbe nach Norden hin an Größe zunimmt."

Wir haben hier eine der seltsamsten Thatsachen der Erdgeschichte kennen gelernt. Wohl haben wir von ähnlichen Beobachtungen schon in älteren Formationen gehört, allein dort war die Zahl der untersuchten Punkte weit geringer; und überdies wird die Erscheinung um so bedeutungsvoller, je näher sie unserer Zeit gerückt ist. Üppige Vegetation konnte fast bis zum 82. Grade nördlicher Breite gedeihen, wo jetzt der Boden den größten Teil des Jahres hindurch von Eis und Schnee starrt und nur während kurzer Sommermonate eine überaus dürftige Pflanzenwelt kümmerlich ihr Dasein fristet. Grinnell-Land mit einer mittleren Jahrestemperatur von —20° C. ist fast der kälteste Fleck Erde, den man überhaupt kennt. Schräg fiel damals wie heute die Sonne auf diese Regionen, und monatelange Nacht lagerte sich darüber. Wie konnte in solcher geographischen Lage eine Vegetation gedeihen, wie wir sie oben kennen gelernt haben? Weder intensivere Erdwärme, noch größere von der Sonne ausstrahlende Hitze können zur Lösung dieses Rätsels herangezogen werden. Daß die innere Erdwärme überhaupt als wesentlich für die Gestaltung des Klimas nicht herbeigezogen werden kann, wurde schon früher besprochen; wäre die Sonne damals um so viel heißer gewesen als heute, so hätte sich ihr Einfluß gleichmäßiger auch in anderen Gegenden geltend gemacht, als das der Fall gewesen ist. Überdies müßte die Abnahme der Sonnenwärme seit den ältesten Zeiten bis heute immer fortgeschritten sein, die Hitze wäre infolgedessen vermutlich noch bis zum Ende der paläozoischen Zeit so kolossal gewesen, daß kein Leben auf Erden mehr gedacht werden könnte. Noch weniger können die phantastischen Voraussetzungen, daß das ganze Sonnensystem früher durch einen wärmeren Teil des Weltraumes durchgegangen sei, oder daß die Sonne einen sehr viel größeren Durchmesser gehabt habe als heute, ernsthaft in Betracht kommen, von der Voraussetzung einer dichteren und feuchteren Atmosphäre ganz zu schweigen.

So bleiben zur Erklärung dieser rätselhaften Erscheinung nur zwei berücksichtigenswerte Ansichten übrig. Nach der einen hätte man die Ursache in der verschiedenen Verteilung von Wasser und Land zur Miocänzeit zu erblicken, nach der anderen in einer Änderung der geographischen Lage der Erdachse, der Pole und des Äquators.

Wir wollen zuerst der zweiten Anschauung etwas näher treten. Die Frage hat eine astronomische, eine geophysikalische und eine rein geologische Seite. Astronomen haben beobachtet, daß einige Sternwarten, von denen seit sehr langer Zeit genaue Ortsbestimmungen vorliegen, z. B. die von Königsberg, von Pulkowa bei Petersburg und einige andere, ihre geographische Lage thatsächlich etwas geändert haben und etwas südlicher liegen als früher. Im Jahre 1889 zeigte sich auf den Sternwarten von Berlin, Potsdam, Prag und Straßburg eine gleichartige Verschiebung der Polhöhe um eine halbe Sekunde. Sodann wurden entsprechende Beobachtungen in Honolulu, das fast 180 Grad westlich von Berlin liegt, ausgeführt. Hier müßte sich, sollte die Änderung der Polhöhe wirklich auf eine Verschiebung der Lage der Erdachse zurückzuführen sein, eine Verschiebung der Polhöhe im gleichen Betrage, aber in entgegengesetzter Richtung bemerkbar machen. Und in der That bestätigte die Beobachtung diese Voraussetzung. In einer Periode von ungefähr 14 Monaten umkreist, wie die Berechnung der Beobachtungen ergab, die Erddrehungsachse die Hauptträgheitsachse, und dabei beträgt die größte Abweichung vom Mittelwert nach beiden Seiten etwa ¼ Sekunde. Schwankungen in diesem Ausmaße würden aber, so bedeutungsvoll sie an sich sind, für unsere Frage nicht von Belang sein. Hier

Digitized by Google

würde es sich darum handeln, ob die Massenverschiebungen auf der Erdkruste, wie sie durch Gebirgsbildung, Senkung, Denudation, Sedimentation und Eisbildung in langsamem Tempo vor sich gehen, größere Veränderungen der Lage der Erdachse hervorrufen können. Dieser Frage hat namentlich der berühmte Mailänder Astronom Schiaparelli seine Aufmerksamkeit zugewendet, er faßte seine Auseinandersetzungen darüber folgendermaßen zusammen: „Wenn die Geologen durch Prüfung der Thatsachen auf ihrem Gebiet dahin geführt werden, großartige Änderungen der geographischen Breiten auf der Erde vorauszusetzen, so ist die Astronomie weit davon entfernt, ein absolutes Veto einzulegen." Später ist Schiaparelli abermals auf diesen Gegenstand zurückgekommen. Er zog bei seiner Rechnung einen absolut starren Erdkörper, einen solchen mit leicht verschiebbaren Massenteilchen und endlich einen solchen in Betracht, dessen Teilchen sich zwar der neuen Massenlagerung anpassen können, aber erst, wenn die durch den Gegensatz zwischen Gestalt und Kraftverteilung eingetretene Spannung eine gewisse Größe erreicht hat. Offenbar entspricht die letzte Annahme am besten den wirklichen Verhältnissen der Erde. Aus der von Geodäten exakt erwiesenen Thatsache der Massenkompensation der Erdkruste (vgl. Band I, S. 114) geht hervor, daß die Massenteilchen Bewegungen zur Erhaltung des Gleichgewichts in der Erdkruste ausführen, und aus der Unvollkommenheit der Kompensation von Ort zu Ort, daß diese Bewegungen der Massenteilchen nicht unverweilt, sondern erst nach einer gewissen Anhäufung der das Gleichgewicht störenden Kräfte erfolgen. Schiaparelli findet neuerdings, daß „geologische Prozesse, von geringfügiger Natur, wenn sie nur genügend lange wirken, zu Polbewegungen mit bedeutendem Ausmaße Veranlassung geben können, sofern die Erde nicht absolute Starrheit besitzt". So tritt denn die Möglichkeit auch bedeutender Lageänderungen der Erdachse bestimmt hervor, und es ist nun unsere Aufgabe, näher zu untersuchen, wie sich die geologischen Erfahrungen zu dieser Annahme verhalten.

Fassen wir von diesem Gesichtspunkt aus die nordischen Lagerstätten tertiärer Pflanzen ins Auge, so zeigt schon ein flüchtiger Blick, daß die Pflanzenfundorte einen Kranz um den Pol bilden: „der Pol ist", wie der englische Geolog Houghton sagt, „von einem Ring umgeben, aus dem er so wenig entkommen kann wie eine Ratte aus einer Falle, die rings von Dachshunden umstellt ist". Unter etwa 30° östlicher Länge von Greenwich liegen die Vorkommnisse von König-Karls-Land, und dann folgen gegen Westen die von Spitzbergen, von Ostgrönland, Westgrönland, Grinnell-Land, Banksland, Sitka, Alaska, Kamtschatka und von der unteren Lena (unter 65° nördlicher Breite). Sicher hat der Pol während der Tertiärzeit nicht außerhalb dieses Kreises gelegen, und es kommt also nur darauf an, ob er innerhalb dessen eine andere Lage eingenommen hat. Hier fällt nun allerdings auf, daß fast alle hoch im Norden gelegenen Fundorte (Grinnell-Land, König Karls-Land, Spitzbergen und Grönland) nach einer Richtung vom Pole, in dem Raume zwischen 30° östlich und 70° westlich von Greenwich, liegen; der einzige Punkt nördlich von 70° nördlicher Breite, der nicht in diesen Abschnitt fällt, der von Banksland, ist eine Anhäufung tertiärer Treibhölzer, die vermutlich nicht an der Stelle gewachsen sind, wo sie heute liegen, sondern durch Meeresströmungen dorthin verschwemmt sind. Betrachtet man dagegen die Flora der unter weniger als 60° nördlicher Breite gelegenen Vorkommnisse auf Alaska, die in einer jener ersten ungefähr entgegengesetzten Richtung liegen, so findet man, daß sie ebenso nordisches Gepräge tragen wie die in Grönland unter 70°, ja fast in demselben Grade wie die auf Spitzbergen unter 78°.

Denken wir uns nun den Nordpol im Meridian von Ferro um 10° gegen das nordöstliche Asien hin verschoben, so würde dadurch allerdings eine weniger abnorme Gruppierung erzielt: der 70. Grad nördlicher Breite liefe dann, nach den heutigen Lokalitätsnamen orientiert, mitten durch Spitzbergen und Nowaja Semlja nach der Mündung des Ob, dränge von da in

Digitized by Google

Sibirien ein und ginge nahe bei der Stadt Irkutsk vorbei. Er schnitte den nördlichsten Teil des Ochotskischen Meeres und der Halbinsel Kamtschatka, liefe südlich von der Bering-Straße und träfe Nordamerika an der Mündung des Kupferminenflusses. Weiterhin träte er in den arktisch-amerikanischen Archipel ein, schnitte hier die Prinz-Albrechts-Insel, Prinz-von-Wales-Insel, Nord-Devon und erreichte das nördliche Grönland, da, wo heute der 78. Grad nördlicher Breite ist. Bei einer solchen Lage des Poles läge keine der Pflanzenfundstellen nördlicher als 73°; deshalb trügen also die Fundorte in Alaska, Sachalin 2c. verhältnismäßig entschieden nordischeres Gepräge als die Spitzbergens und Grönlands.

A. G. Nathorst, einer der berufensten Vertreter der Lageänderung der Erdachse, erachtete eine Verschiebung des Nordpols um 10° für ungenügend und führte versuchsweise eine solche um 20° ein. Unter dieser Annahme erhält der Fundort Tschirimikaja an der Lena die nördlichste Lage in 85° nördlicher Breite, und darauf könnte die Thatsache bezogen werden, daß von der genannten Örtlichkeit kleine, wie verkümmert aussehende Blätter vorliegen. Alle Floren mit immergrünen Laubbäumen würden bei dieser Gruppierung außerhalb des miocänen Polarkreises zu liegen kommen. Welcher Kombination man auch den Vorzug geben mag, jedenfalls werden dadurch die oben genannten miocänen Pflanzenfundstätten des hohen Nordens in eine minderbefremdliche Lage zum Pol gerückt. Wenn die pliocäne und vorpliocäne Flora Japans auf ein verhältnismäßig kühles Klima hindeutet, so läßt sich dies mit dieser Lage des Nordpols gut in Einklang bringen, desgleichen die relativ warme Temperatur in Europa, das im Tertiär weiter vom Nordpol entfernt gewesen wäre als heute.

Die Wirkungen der Polverschiebung müßten sich natürlich auch auf der südlichen Hemisphäre geltend machen. Hier müßte diese Hypothese vor allem in Südamerika die Probe bestehen, da der vorausgesetzte miocäne Südpol diesem Lande näher gerückt war. Und in der That fällt hier eine Erscheinung auf, die diese Hypothese auf den ersten Blick zu bestätigen scheint. Bei der Untersuchung von miocänen, zum Teil auch eocänen Versteinerungen, die ungefähr unter 35° südlicher Breite in Chile gesammelt waren, erkannte Philippi nicht eine einzige, die den Schluß auf ein wärmeres Klima als das heutige gestattet hätte. Aber die Bedeutung dieser Thatsache wird dadurch wesentlich gemindert, daß auch die heutige Konchylienfauna Chiles infolge eines von Süden herkommenden Kaltwasserstromes das Gepräge kälterer Temperatur an sich trägt. Die in Chile unter 37°, in Potosi unter 19° 21′ südlicher Breite gesammelten und von Engelhard bearbeiteten Tertiärpflanzen enthüllen geradezu die ungünstige Thatsache, daß in diesen Gegenden in jener Zeit ein tropisches Klima geherrscht haben muß. Auch aus dem hohen Norden sind in neuerer Zeit Thatsachen bekannt geworden, die die obige Darstellung wesentlich modifizieren.

Bei der an interessanten Ergebnissen so reichen Durchforschung der Neusibirischen Inseln durch E. v. Toll ist in den früher für eine Treibholzanhäufung gehaltenen „Holzbergen" ein tertiäres Braunkohlenlager erkannt worden. Unter den dort gesammelten Pflanzenresten erkannte Schmalhausen Pappeln, Sequojen, Blütenstände der Sumpfcypresse (Taxodium distichum miocaenicum), verschiedene reife Früchte, im ganzen eine Vegetation, die ein gemäßigtes Klima, nicht aber die Nähe des Poles verrät. Die Pflanzen des Tschirimikaja-Felsens sind, wie v. Toll zeigt, auf demselben Festland gewachsen wie die der Neusibirischen Inseln, die erst sehr spät vom Festlande abgetrennt wurden. Somit verliert auch die Verkümmerung der Tschirimikaja-Pflanzen ihre Beweiskraft: der Zufall tritt an ihre Stelle.

Da wir also auch mit der Annahme der Polverschiebung zu keinem befriedigenden Ergebnis kommen, rückt die alte, durch E. Koken warm und geschickt verteidigte Ansicht in den Vordergrund, daß Änderungen in der Verteilung von Wasser und Land die Ursache der besprochenen Erscheinungen waren. „Die Wärmezufuhr (in den Polargegenden) ist an sich nicht so gering, daß sie die

Digitized by Google

Vereisung notwendig nach sich zieht, aber die Ausstrahlung während der monatelangen Polarnächte muß allerdings gehemmt werden, wenn sie nicht zu bleibender Eisbildung führen soll. Die Nacht, die außerdem nicht ganz lichtlos ist, könnte möglicherweise selbst von immergrünen Bäumen überstanden werden, denn man trifft ja auch Nadelbäume und Erikaceen mit immergrünen Blättern in diesen hohen Breiten, aber des Wärmeschutzes können sie nicht entbehren. Es muß eine Aufspeicherung der am Tage oder im Sommer zugeführten Sonnenwärme eintreten, es müssen Bedingungen vorhanden sein, welche die Ausstrahlung herunterſetzen; dann kann in bestimmten Gegenden selbst den Pflanzen der wärmeren gemäßigten Zone die Existenz gesichert bleiben, während sie im anderen Falle in den Zustand der Vereisung versinken." — „Herrschten im Tertiär und vorher Zustände, welche die Wärmestrahlung an den Polen verhinderten und einen reichlichen Pflanzenwuchs ermöglichten, so traten im Pliocän schon die ersten Reaktionen einer anderen Verteilung ein, welche allmählich zur Eiszeit überleitet, die alles Leben aus den hohen Breiten vertrieb und sich später in den gegenwärtigen Zustand abschwächte, in dem das organische Leben wieder nach den Polen hinflutet."

Für mehrere geologische Formationen können wir beweisen, daß in hohen nordischen Breiten ein verhältnismäßig warmes Klima geherrscht haben muß. Wir wissen ferner, daß die äquatoriale Gegend des „zentralen Mittelmeeres" durch alle Perioden hindurch mit bemerkenswerter Stetigkeit Faunen beherbergt hat, deren tropischer Charakter gegen das mehr gemäßigte Gepräge der nördlichen Faunen auffallend kontrastiert. Dieser Zustand, durch viele geologische Perioden hindurch festgehalten, ist, wenn man so sagen kann, gewiß der normale. Die allmähliche Verschlechterung des Klimas, die wohl schon im Miocän beginnt, im Pliocän fortschreitet und in der Eiszeit kulminiert, wäre dann nur eine außergewöhnliche Episode. Klimatische Zonen haben jederzeit bestanden, wie wir aus den geologischen Thatsachen entnehmen, und haben nur vom jüngeren Tertiär an eine schärfere Ausprägung erfahren. Wenn wir nun von dem als normal bezeichneten Zustande der Erde ausgehen, so fiele unsere Frage mit der nach der Ursache der Eiszeit zusammen. Vorgreifend müssen wir hier bemerken, daß alle Versuche, die merkwürdige Erscheinung der Eiszeit auf allgemeine kosmische Ursachen zurückzuführen, bisher gescheitert sind. Natürlich verleiht dies einer Hypothese, die sich mit dem Zusammenwirken einer Vielheit von lokalen Ursachen bescheidet, wie es Änderungen in der Verteilung von Wasser und Land sind, gegenwärtig das Übergewicht. Eine bestimmte Entscheidung ist allerdings heute noch unmöglich. Wir wissen wohl, daß Unterschiede in den Umrissen der Festländer und der Verbreitung der Ozeane einen bedeutenden Einfluß auf das Klima ausüben; ob aber in dem hier erforderlichen Maße, bleibt fraglich. So weit wir es beurteilen können, sind in keiner Periode der Erdgeschichte größere Veränderungen in der Gestaltung der Kontinente eingetreten als im Tertiär; wenn also in dieser Zeit klimatische Veränderungen eintraten, so steht dies mit der Hypothese in Einklang. Wir sehen aber die Eiszeit durch eine, ja zwei „interglaziale" Perioden mit gemäßigtem Klima geteilt, wir sehen ferner nach Ablauf der Eiszeit die Erde wieder einem besseren Zustand entgegengehen, ohne daß wir im stande wären, parallel laufende Veränderungen in der Verteilung des Festen und Flüssigen nachzuweisen oder auch nur zu vermuten. Auch die in äquatornahen Gegenden Südamerikas nachgewiesene eiszeitliche Vergletscherung ist dieser Annahme nicht günstig. Gewisse Grundzüge der physikalischen Geographie und des Klimas früherer Erdperioden treten schon jetzt, wie wir gesehen haben, bedeutsam hervor. Gewiß wird es auch gelingen, allmählich das nähere Detail nach Art und Zeit zu enthüllen. Dann wird uns vielleicht die Lösung der Fragen, die uns jetzt so lebhaft beschäftigen, als reife Frucht von selbst zufallen.

Digitized by Google

Das Miocän in Europa.

Die Verbreitung des Meeres in Europa und seiner Umgebung hat sich bei Beginn des Miocäns beträchtlich geändert: im Norden hat es sich zurückgezogen, in den südlicheren Gegenden dagegen um sich gegriffen. Im nördlichen Deutschland ist das Vorkommen auf eine Bucht beschränkt, die im Osten bei Wismar beginnt und von da ab gegen Westen in Schleswig-Holstein, auf den Friesischen Inseln, in dem ganzen breiten Tieflande bis an die holländische Grenze, im größten Teile von Holland, endlich in einem kleinen Teile von Belgien, bei Antwerpen, Niederschläge hinterlassen hat. Die Lebewelt dieser Meeresbucht ist im Vergleiche mit der der Mittelmeerregion ziemlich arm; besonders fällt die Spärlichkeit großer, dickschaliger Formen auf, was wahrscheinlich mit der nördlicheren Lage zusammenhängt.

Das Mainzer Becken, schon im oberen Oligocän keine rein marine Entwickelung mehr, war zur Miocänzeit ein vollständiges Binnenbecken. Im untersten Miocän mit seinen Cerithienschichten sind noch mehrere marine Formen neben solchen des brackischen und süßen Wassers vorhanden. An manchen Punkten (z. B. Hochheim zwischen Frankfurt und Mainz) enthalten sie eine Menge von Landschnecken eingeschwemmt, die uns ein vollständiges Bild der damaligen Vertreter dieser Abteilung geben. Ähnlich kommen diese untermiocänen Landschnecken auch stellenweise in Süddeutschland, ausgezeichnet aber bei den Orten Tuchorschitz und Kolosoruk in Böhmen vor. Die höher liegenden Corbicula-Schichten des Mainzer Beckens enthalten vorwiegend Land- und Süßwasserformen, denen nur wenige brackische beigemengt sind, und das jüngste Glied des Miocäns in dieser Gegend, die sogenannten Litorinellenschichten, lehrt, daß zu dieser Zeit die Aussüßung des Beckens vollendet war. Wichtig sind diese Ablagerungen (z. B. Weisenau) wegen der Menge fossiler Säugetierreste.

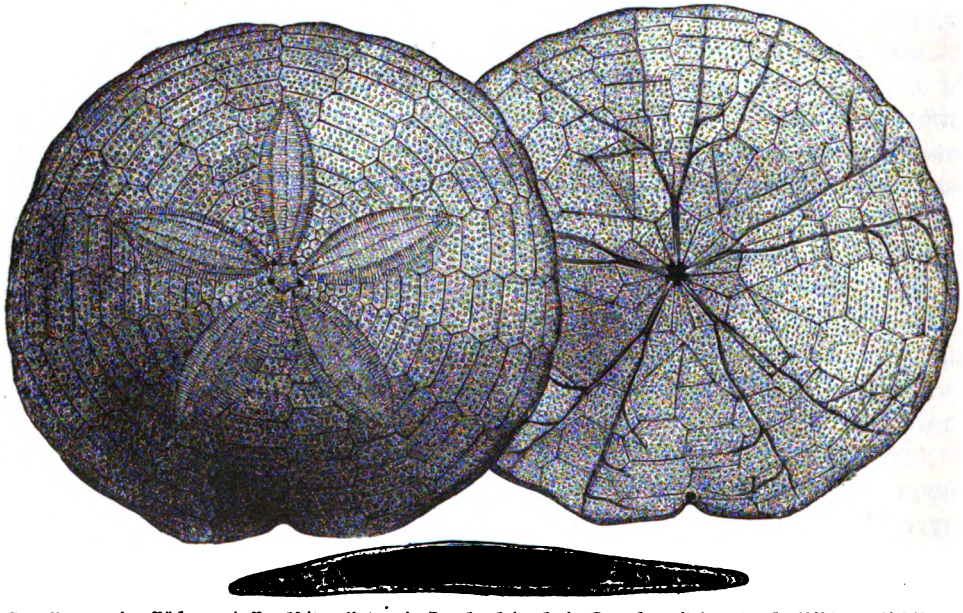
Der Schwerpunkt der Entwickelung des Miocäns liegt jedoch nicht in diesen Gegenden, sondern in den Vorkommnissen an der atlantischen Küste und in dem damaligen Mittelmeere. An der Westküste von Frankreich ist das Meer im unteren Miocän weit verbreitet, und seine Ablagerungen dringen in einigen großen Buchten tief ins Land ein. Eine Bucht entspricht dem Loirethal, eine zweite größere dem Becken der Gironde, wo die Faluns der Umgebung von Bordeaux durch die Menge ihrer Versteinerungen seit langem bekannt sind. Hier erstrecken sich die Meeresbildungen so weit ins Innere, daß man einen Kanal vermutete, der den Atlantischen Ozean mit dem Mittelmeer in Verbindung setzte; doch treten auf der Wasserscheide zwischen den beiden Meeren miocäne Süßwasserablagerungen auf. Auch an der portugiesischen Küste, im südwestlichen Spanien und im nordwestlichen Afrika, in Marokko, finden sich marine Miocänschichten in großer Verbreitung. Wichtig sind hier die Bildungen, die von der Gegend von Sevilla tief in das Becken des Guadalquivir eindringen, die Wasserscheide überschreiten und so eine zusammenhängende Kette mariner Vorkommnisse darstellen. Also war das Mittelmeer der damaligen Zeit hier mit dem Atlantischen Ozean verbunden, während die Straße von Gibraltar noch geschlossen war.

Das Mittelmeer war damals bedeutend anders gestaltet als heute. Längs des östlichen Ufers von Spanien dehnte sich das Meer nach Norden aus, es trat breit in das Rhônebecken ein und erstreckte sich von da in einem schmalen Kanal an dem West- und Nordrande der Alpen durch die Schweiz, einen Teil von Oberschwaben, das südliche Bayern, durch Salzburg, Ober- und Niederösterreich in die Gegend von Wien. In dem damaligen Mittelmeere bildeten die Alpen eine lange, gebirgige Insel. Bei Wien mündete der enge, am Nordrande der Alpen hinziehende Kanal in ein weites Becken; gleichzeitig findet eine Teilung des Meeres durch

Digitized by Google

eine neue, ähnlich der alpinen, langgestreckte Insel, die Karpathen, statt. Eine Bucht erstreckte sich von da am Nordrande der Karpathen nach Mähren, Oberschlesien, Galizien und Rumänien; ein zweiter großer Arm tritt in das gewaltige pannonische Becken ein, das die ungarische Ebene, einen Teil der Steiermark und Krains, Kroatien und Slawonien umfaßt und mit Ausläufern nach dem nördlichsten Bosnien und nach Siebenbürgen eingreift.

Von Spanien und Südfrankreich dehnten sich die Ablagerungen des offenen Mittelmeeres bis Algerien und Italien aus, dessen niedrigere Teile hauptsächlich aus miocänen Ablagerungen bestehen; auch Sizilien war fast ganz vom Meere bedeckt, während Malta vollständig aus miocänen Meeresbildungen aufgebaut ist. Auch an der Ostküste von Italien zog sich ein schmaler Meeresarm nach Norden, breitete sich in der Po-Ebene aus und griff in die Thäler der



Scutella, von der Rücken- und Bauchseite. Unten ein Querbruch durch ein Exemplar mit den charakteristischen Kalkpfeilern. (Nach Desor.) Vgl. Text, S. 389.

Südalpen ein; dagegen war das Adriatische Meer größtenteils Festland, auf dem ebenso wie in Dalmatien, dem südlichen Bosnien und der Herzegowina kleine Süßwasserseen mit einer eigentümlichen Schneckenfauna auftreten. Erst im Süden der Adria, in Albanien, erreicht das miocäne Meer die heutige Küste. Gegen Osten breitet es sich aus, wie marine Ablagerungen im südlichen Kleinasien und auf Cypern beweisen. Doch dringen diese nicht in das Gebiet des Ägeischen Meeres vor, und es scheint auch, als ob sich zu Anfang der Miocänzeit an der Nordküste von Afrika keine marinen Sedimente gebildet hätten; ebensowenig erreichen sie die syrische Küste. Dagegen dringen sie im östlichen Kleinasien fast bis an das Ufer des Schwarzen Meeres; Abich hat sie in großer Verbreitung in Armenien und Tietze in Persien nachgewiesen. Es zieht also hier eine große Bucht nach Osten, deren Abschluß wir noch nicht kennen, die aber nach dem Charakter der Fauna mit dem Indischen Ozean nicht verbunden gewesen sein kann.

Die Ablagerungen des unteren Miocäns sind mannigfaltig. Bei Bordeaux sind an Meereskonchylien reiche Sandablagerungen, die Faluns von Saucats und Léognan, vorhanden. In Oberitalien gehören hierher die Serpentinsande von Turin und eine Reihe anderer Gebilde von wechselnder Faciesentwickelung. Als eine besondere Ausbildungsart der allertiefsten

Digitized by Google

Miocänschichten treten in großer Verbreitung die Schio-Schichten auf, meist sandige oder kalkige Ablagerungen, durch das Vorkommen gewisser Kammmuscheln und zahlreicher See-Igel, namentlich der seltsamen flachen Scutellen, ausgezeichnet (s. Abbildung, S. 388).

Eigentümlich sind die Miocänablagerungen von Malta, die die ganze Insel zusammensetzen und in fast vollständig horizontaler Schichtung auch die bedeutendsten, zu mehr als 200 m ansteigenden Höhen der Insel bilden. Da die Basis des Landes durch unteres, die höheren Teile durch oberes Miocän gebildet wird, sollte man erwarten, daß dieselben Schichten auch an der gegenüberliegenden Küste von Afrika ebenso auftreten, man sollte denken, daß das Ufer des Miocänmeeres etwa 200—300 m über dem heutigen Meeresspiegel dort zu finden sei. Allein das ist nicht der Fall: die miocänen Meeresbildungen erreichen die Küste von Tunis nicht; hier müssen also bedeutende Veränderungen vorgegangen sein. Malta stellt einen Horst dar (vgl. Bd. I, S. 343), einen stehen gebliebenen Pfeiler des alten miocänen Meeresbodens, während alles umgebende Land an Spalten in die Tiefe niedergebrochen ist.

In den subalpinen Zonen der Schweiz und Bayerns finden wir unseren Horizont durch die ziemlich einförmige obere Meeresmolasse vertreten. Er dringt als „subjurassische Meeresmolasse" in die Thäler des Juragebirges ein, liegt am Fuß der Schwäbischen Alb, auf dem Jurakalk von Passau, umgürtet den Südrand der böhmischen Masse in Niederösterreich und reicht bis nach Nordmähren hinein. Besonders mannigfaltig ist die Ausbildung dieses Horizonts in der Gegend des niederösterreichischen Städtchens Horn, das den Namen für diese Ablagerung, Horner Schichten, abgegeben hat. Hier gibt es namentlich muschelreiche Sande von sehr verschiedener Ausbildung, je nachdem sie sich an einer flachen oder an einer steilen Küste oder in einiger Entfernung vom Strande abgesetzt haben. Einer flachen Küste entsprechen z. B. die Sande von Gauderndorf mit zahlreichen Tellinen, Scheidenmuscheln 2c., während sich die groben Sande und Bryozoenkalke von Eggenburg in brandendem Wasser gebildet haben und die Art ihrer Entstehung deutlich erkennen lassen: hier sieht man Granitwände, die in der Miocänzeit das Ufer dieses Meeres ausmachten. Noch haften an den geglätteten Felsen die Balanen oder Meereicheln (s. obenstehende Abbildung), die sich vor ungezählten Jahrtausenden hier mitten in der Brandung angesetzt hatten, und daneben liegen die durch dieses stark bewegte Wasser zusammengeschwemmten Sedimente.

Meereicheln oder Balanen; rechts ein ganzes Exemplar, links eine einzelne Kalkplatte; etwas vergrößert von innen.

Die Verbreitung des unteren Miocäns in der Umgebung von Wien wirft Licht auf die Vorgänge der damaligen Gebirgsbildung. Wie früher (S. 360) eingehender besprochen wurde, bricht bei Wien die Alpenkette plötzlich ab, ihre Fortsetzung gegen Osten ist in einem Kesselbruch in die Tiefe gesunken, und eine weite Bucht springt nach Süden bis an den Fuß des Semmeringpasses vor. Dieser inneralpine Teil des Wiener Beckens ist mit mächtigen Tertiärbildungen erfüllt. Allein während jüngere Schichten in großen Massen auftreten, fehlt das untere Miocän hier vollständig, es bleibt am Außenrande der Bucht: diese hat sich augenscheinlich erst nach Ablagerung jener Schichten gebildet. Wir können daher die Zeit der Entstehung des Wiener Kesselbruches genau bestimmen: unmittelbar vor der Bildung des oberen und nach Bildung des unteren Miocäns. Dasselbe scheint auch bei den anderen Kesselbrüchen der Fall zu sein, die die Ostflanke der Alpen in Steiermark ausranden (vgl. Bd. I, S. 360).

Digitized by Google

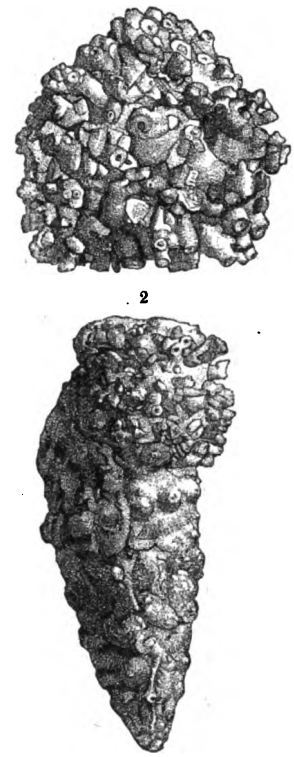
Allein noch in einer anderen Art und in weiterer Verbreitung sehen wir eine eigentümliche Beziehung zwischen den Ablagerungen des unteren Miocäns und dem Gebirgsbau der Alpen. Wo diese dicht an das Gebirge heranrücken, sind sie aufgerichtet und gestört, während die oberen Miocänschichten auch da, wo sie den Alpenrand unmittelbar berühren, noch vollständig ungestört sind. Also sind hier seit dem Ende des unteren Miocäns keine großen tektonischen Veränderungen mehr vor sich gegangen. Zwar ist die Ruhe nicht vollständig, wie die zahlreichen Erdbeben in diesem Gebiet beweisen; aber die Alpen befinden sich seitdem in einem relativen Stillstand der Gebirgsbildung, von dem wir nicht sagen können, ob er endgültig ist, oder ob er später wieder einer mit neuer Kraft beginnenden Bewegung weichen wird. Jedenfalls ist in den Alpen schon seit viel längerer Zeit Stillstand eingetreten als in anderen nahe benachbarten Gegenden. Beispielsweise sind in dem kleinen westslawonischen Gebirge nördlich von der Save bei Brod und Neugradisca nicht nur das obere Miocän, sondern auch noch jüngere Glieder des Tertiärs, das untere und mittlere Pliocän, aufgerichtet. Weit großartiger aber finden wir die Störung junger Ablagerungen im Kaukasus, wo jungmiocäne Marinbildungen durch die Aufstauung des Gebirges in ein Niveau von mehr als 2000 m über dem Meere gelangt sind. Demnach ist auch bei so jungen Schichtgruppen in manchen Fällen die Verbreitung von dem heutigen Verlaufe der Kettengebirge unabhängig, und vorsichtig muß man bei der Beurteilung der Frage sein, ob eine solche Kette als ehemaliges Ufer des Meeres einer vergangenen Periode gelten darf.

Pteropodenschale (Vaginella).

In den österreichischen Gebieten kommt mit Ausschluß der inneralpinen Niederung an vielen Orten an der Grenze zwischen dem unteren und oberen Miocän, und gleich jenem noch von der Aufrichtung der Alpen mit betroffen, eine eigentümliche Zwischenbildung vor, die den Namen Schlier erhalten hat. Das sind blaugraue, glimmerige, oft etwas sandige Thone oder Mergel, in gleichförmiger Entwickelung über große Strecken verbreitet; oft enthalten sie Gips, und an manchen Punkten entströmen diesen Thonen Salz-, Jod- und Bitterquellen. Die Fauna ist meist eintönig, enthält aber einige Formen, die in anders entwickelten Miocänbildungen selten zu sein pflegen. So finden sich häufig die Schalen eines Nautilus (Aturia Aturi), einige charakteristische Muscheln, wie Pecten denudatus und Solenomya Doderleini, und manchmal in Menge die kleinen Schalen aus der Klasse der Pteropoden (s. obenstehende Abbildung), den Schnecken verwandter, mit eigentümlichen Ruderflossen versehener Tierchen, die auf hoher See schwimmend leben. Endlich sind die Schuppen eines den Sardellen verwandten Fisches, der Meletta sardinites, ziemlich verbreitet. Bei Ottnang in Oberösterreich enthält der Schlier eine etwas reichere Fauna, die nach R. Hörnes an die der Pleurotomen-Thone erinnert. Aus Niederösterreich setzen sich diese Schichten am Nordrande der Karpathen durch Mähren nach Galizien fort, wo die mächtig entwickelten Salzbildungen von Wieliczka, Bochnia, Kalusz ꝛc. ihnen ebenso wie die der Moldau und Siebenbürgens zugerechnet werden. Die Existenz ähnlicher und wahrscheinlich gleichalteriger Bildungen auch in verschiedenen anderen Gegenden ist besonders durch Th. Fuchs nachgewiesen worden, so in Italien vom Alpenrande bis nach Sizilien und auf Malta, ferner im südwestlichen Kleinasien. Ja, es wird vermutet, daß auch die großartig entwickelte Gips- und Salzformation, die sich vom Kaukasus durch Armenien und Persien bis an die Grenze Indiens erstreckt, demselben Horizont angehöre. Die Bildungsweise des Schliers ist noch rätselhaft. Während Nautilus und die Pteropoden auf hohe See und tiefes Wasser als Ablagerungsort verweisen, spricht wieder der Gips- und Salzgehalt für das Vorhandensein eines wenigstens bis zu einem gewissen Grade eingeengten Binnenbeckens, wo das Wasser verdampfen und sich die darin enthaltenen Mineralbestandteile ausscheiden konnten.

Digitized by Google

Den Übergang zum oberen Miocän bildet in der Gegend nördlich von den österreichischen Alpen und in Mähren eine muschelreiche Ablagerung aus brackischem Wasser, die Oncophora-Schichten, die weiter westlich durch die Süßwasserbildung der Kirchberger Schichten ersetzt werden. In dieser Periode hat sich durch Senkung die inneralpine Bucht gebildet, und in ihr treten zunächst schwach entwickelte Braunkohlenablagerungen auf, die nur an einigen randlich gelegenen Punkten und dann weiter im Süden, in Steiermark, größere Ausdehnung gewinnen. Sowohl im inneralpinen Gebiet als außerhalb folgen marine Bildungen mit einer Mischfauna, in der sich unter- und obermiocäne Elemente annähernd das Gleichgewicht halten, die Schichten von Grund, und endlich die typischen Glieder des oberen Miocäns mit der zweiten Mediterranfauna. So groß ist die Mannigfaltigkeit und so wechselnd die Ausbildung dieser Stufe, daß man lange Zeit hindurch eine größere Reihenfolge im Alter verschiedener Horizonte annehmen zu müssen glaubte. Erst allmählich überzeugte man sich, daß alle die so weit voneinander abweichenden Gebilde gleichzeitig seien. In brandendem, seichtem Wasser entstanden die Uferbildungen der Leithakalke, großenteils aus den Gerüsten kalkabsondernder Algen, der Lithothamnien oder Nulliporen, aufgebaut (s. nebenstehende Abbildung), stellenweise aber auch große Mengen von Riffkorallen enthaltend. Große, dickschalige See-Igel (Clypeaster) und Mollusken finden sich hier vor; ihre prächtigen Gehäuse müssen an Schönheit den Vorkommnissen der tropischen Riffe unserer Tage nur wenig nachgegeben haben. Leider ist davon nur verhältnismäßig wenig erhalten, da von den meisten Muscheln und Schnecken die Schalen aufgelöst sind und bloß deren innere Ausfüllung mit Gesteinsmasse, der Steinkern, übriggeblieben ist. Nur Austern, Kammmuscheln und einige andere machen davon eine Ausnahme. Der Leithakalk ist der Baustein von Wien; wie Paris großenteils aus Foraminiferenschälchen, so ist Wien, soweit es sich um Bruchsteine handelt, aus den Gerüsten von Kalkalgen aufgeführt.



Kalkabsondernde Alge (Lithothamnium): 1) ein Lithothamnienknollen; 2) Schneckengehäuse (Cerithium vulgatum), von Lithothamnium überrindet.

Während der Leithakalk eine Randbildung darstellt, lagerte sich in den tiefen Stellen ein mächtiger blaugrauer Thon ab, außerordentlich versteinerungsreich, mit zahllosen kleinen und mittelgroßen Schneckengehäusen, mit wenigen Muscheln und Einzelkorallen, in dem namentlich die Gattung Pleurotoma, nächstdem Fusus, Natica, Nassa ꝛc. eine hervorragende Rolle spielen: der reinste Typus der Entwickelungsart der Pleurotomenthone. Dieser Badener Tegel hat wohl unter allen Vorkommnissen des Wiener Beckens die größte Verbreitung; seine Fossile sind fast in allen Versteinerungssammlungen zu finden. Neben diesen beiden wichtigsten Gliedern kommen noch zahlreiche andere Gebilde im oberen Miocän des Wiener Beckens vor, so die Sande von Pötzleinsdorf, die Mergel von Gainfahrn und eine Anzahl anderer von geringerer Bedeutung. Auch in anderen Gegenden stimmen die obermiocänen Marinbildungen mit denen des Wiener Beckens sehr überein. Pleurotomenthone, denen von Baden ähnlich, sind im oberen und mittleren Italien als die Stufe von Tortona oder als Tortonien bekannt; Lithothamnienkalke nach Art der Leithakalke treten auf Sizilien, Malta, Corsica und Sardinien auf.

Digitized by Google

In der Verteilung von Wasser und Land weicht das obere vom unteren Miocän vielfach ab. An der atlantischen Küste erlangt das Meer größere Ausdehnung, indem es weit in das Loirebecken eintritt, wo eine Anzahl kleiner Erosionsreste von fossilreichen Sanden, die Faluns der Touraine, seine ehemalige Anwesenheit bezeugen; in der Gegend von Bordeaux vertreten die Faluns von Salles unsere Stufe und liegen regelmäßig über den älteren Schichten von Saucats und Léognan. Im Mittelmeergebiet sind die Unterschiede weit größer. Das obere Miocän bringt zwar in die Rhônebucht vor, aber es nimmt nicht mehr jene langgestreckte Enge ein, die sich von da dem Nordrande der Alpen entlang bis in die Gegend von Wien ausdehnte: auf dieser ganzen Strecke ist noch nie eine Spur von Ablagerungen dieses Alters entdeckt worden. An ihrer Stelle treten hier vielfach Binnenablagerungen auf, die obere Süßwassermolasse, in deren Bereich unter anderen auch die berühmten Vorkommnisse von Önigen bei Konstanz mit ihren zahlreichen Pflanzen- und Insektenresten gehören; die Meeresbildungen von Wien, in Steiermark und der ungarischen Niederung stehen auf diesem Wege mit dem übrigen Meere nicht mehr in Verbindung.

Sehen wir hier eine Einengung der Wasserbedeckung, so ist nach anderer Richtung ein Übergreifen zu bemerken. Die zweite Mediterranstufe gewinnt nach Nordosten mächtig, dringt den Karpathen entlang nach Galizien vor, greift in einzelnen Buchten tief in die westgalizische Flyschzone ein, erstreckt sich in einem Ausläufer bis nach Preußisch-Schlesien und anderseits durch Podolien, die Bukowina und die Moldau nach Südrußland, wo namentlich durch Andrussow deren Vorkommen bis an die Ufer des Asowschen Meeres nachgewiesen ist. Sie erreichen aber nirgends die Südküste des Schwarzen Meeres: dieses Becken ist, wie das Ägeische Meer, erst weit später durch Einbruch entstanden. Auch im ungarischen Becken finden wir eine bedeutendere Ausdehnung des Wassers. Bei Belgrad sind marine Schichten des oberen Miocäns vorhanden, dringen von da im Morawathal ins Innere von Serbien; und auch nach Osten können wir sie bis nach Bulgarien verfolgen, wo sie bei Plewna anstehen und den Boden des Schlachtfeldes vom Jahre 1878 bilden.

Wenn wir diese große, zusammenhängende Wasserfläche betrachten, die sich, von großen Inseln unterbrochen, von Wien bis Kertsch, von Oberschlesien bis ins Innere von Serbien erstreckt, so sehen wir, daß sie nach allen Seiten isoliert ist, weil wir nirgends einen Zusammenhang mit anderen Meeren nachweisen können. Allein diese Abgeschlossenheit kann nur scheinbar sein; an irgend einer Stelle muß eine Verbindung mit dem im Süden gelegenen Meere vorhanden gewesen sein. Ein so reiches marines Tierleben, wie wir es in der zweiten Mediterranfauna namentlich in der Umgebung von Wien und im ungarischen Becken finden, eine Fauna, die allein über 1000 Meereskonchylien, eine Menge von Korallen, See-Igeln, Bryozoen, Foraminiferen beherbergt, kann unmöglich in einem abgeschlossenen Binnensee gelebt haben. Wo aber führte eine Straße nach außen? Daß die alte Meerenge am Nordrande der Alpen nicht mehr vorhanden war, geht nicht nur aus dem Fehlen mariner Obermiocänbildungen auf der ganzen Strecke vom Rhônethal bis Wien, sondern noch bestimmter aus Süßwasserbildungen dieses Alters auf der genannten Strecke hervor. Eine zweite Linie, an die gedacht werden könnte, ist die aus dem südwestlichen Teile des ungarisch-steirischen Beckens nach dem Adriatischen Meere. Allein hier ist eine breite Gebirgszone zwischen den miocänen Meeresablagerungen und der Adria, deren östlicher Teil überdies damals Festland war. Hier darf man behaupten, daß keine Aufrichtung in nachmiocäner Zeit mehr stattgefunden hat, die die Spuren der ehemaligen Meeresstraße verwischt hätte; so muß auch das Vorhandensein einer solchen an dieser Stelle als unwahrscheinlich bezeichnet werden. Es bleiben nur zwei Möglichkeiten. Entweder ging aus Serbien durch das Morawathal eine Verbindung nach Albanien und zu den an der Küste

Digitized by Google

dieses Landes anstehenden Miocänablagerungen, oder aus Südrußland führte eine Kommunikation nach Armenien, dessen Marinbildungen vermutlich damals noch wie zur Zeit der ersten Mediterranstufe durch Kleinasien mit dem offenen Meltmeer zusammenhingen. Beide Annahmen sind Hypothesen. Aber wir können kaum daran zweifeln, daß die eine oder die andere richtig sei, wenn auch auf beiden Auswegen heute bedeutende Gebirge vorhanden sind.

Wenden wir uns zu dem Mittelmeerbecken im heutigen Sinne, so finden wir, daß das obere Miocän in mariner Entwickelung so ziemlich alle die Gegenden bedeckt, wo wir unteres Miocän kennen gelernt haben. Ob aus dem südöstlichen Kleinasien, wo in der Nähe von Tarsos in Kilikien unsere Schichten noch ausgezeichnet entwickelt sind, eine Fortsetzung bis Armenien vorhanden ist, läßt sich nicht entscheiden, da die Ablagerungen im Inneren von Kleinasien noch nicht hinreichend untersucht sind. Doch hat sehr wahrscheinlich eine derartige Ausbreitung stattgefunden. Dagegen sind aus Persien bestimmt nur Bildungen des unteren Miocäns bekannt.

Endlich treten Marinablagerungen, mit den Grunder Schichten, dem tiefsten Horizont des oberen Miocäns, in Parallele gebracht, im nordöstlichsten Afrika in großer Verbreitung auf. Die wichtigsten Fundpunkte liegen in der Libyschen Wüste, in der Oase Siwah, wo sich im Altertum das Heiligtum des Jupiter Ammon befand, ferner an den Höhen, die den Isthmus von Suez einsäumen. Hier treten diese Ablagerungen in das heutige Gebiet des Roten Meeres ein. Da dessen tiefe Einsenkung damals noch nicht vorhanden war, fand auch hier keine oder nur eine vorübergehende Berührung mit dem Indischen Ozean statt. Die Fossile in den nordafrikanischen Miocänablagerungen haben durchaus mediterranen Charakter, mit Ausnahme einer einzigen Muschel (Carolia) aus der Verwandtschaft der Placuna, einer Gattung, die heute nur im Indischen und Pazifischen Ozean auftritt.

Die sarmatischen Ablagerungen.

Während sich die marine Miocänfauna im Gebiete des jetzigen Mittelmeeres und des Atlantischen Ozeans normal entwickelt, finden in dem großen osteuropäischen Binnenmeer, das die Wiener Bucht, das pannonische Becken und seine Anhängsel, ferner die Vorkommnisse am Nordrande der Karpathen, an der unteren Donau und dem Schwarzen Meere umfaßt, eigentümliche Veränderungen statt. Von Wien bis an das östliche Ufer des Aralsees treten Ablagerungen des obersten Miocäns mit einer armen, fremdartigen Fauna auf, die man nach Sueß als die sarmatische Stufe bezeichnet: thonige, kalkige oder sandige Schichten. Deren Konchylien gehören zwar vorwiegend marinen Typen an, daneben finden sich aber in weiter Verbreitung einige Formen, namentlich Angehörige der Gattung Hydrobia, die in süßem oder brackischem, aber nicht in stark gesalzenem Wasser vorkommen. In dem Habitus der Fauna finden wir Ähnlichkeit mit der, die heute im Schwarzen Meere lebt. Aber dies beruht nicht auf wirklich naher Verwandtschaft der meisten Typen, sondern nur auf einer durch übereinstimmende äußere Lebensbedingungen beruhenden Analogie. Wir werden uns daher das sarmatische Becken als ein geschlossenes Binnenmeer denken müssen, das mit dem offenen Ozean nur in beschränkter Verbindung stand, infolge der Einmündung großer Ströme etwas geringeren Salzgehalt hatte und darin wahrscheinlich noch hinter dem Schwarzen Meere, wie es jetzt ist, zurückblieb.

Das Sarmatische Meer reichte im Westen bis Wien und breitete sich von da durch Ungarn und das Becken der unteren Donau aus, bedeckte einen großen Teil von Südrußland, das Areal des Schwarzen Meeres und erstreckte sich nach Süden bis ins Gebiet des Ägeischen Meeres, wo bei Troja und auf der Halbinsel Chalkidike die äußersten Ablagerungen vorhanden

Digitized by Google

sind. Die südlicheren Teile des Archipels erreichte es nicht. Hier treten an vielen Punkten Süßwasserbildungen dieses Alters auf, und ebensowenig kommen in den Küstenländern des offenen Mittelmeeres sarmatische Ablagerungen vor, wie man eine Zeitlang geglaubt hat. Vom Schwarzen Meere aus verbreiten sich die sarmatischen Bildungen in die kaspische Region und in den Kaukasus, wo sie nach Abich bis zu mehr als 2000 m Meereshöhe ansteigen, und setzen sich noch weiter östlich über den Aralsee fort, an dessen westlichem Ufer die östlichsten Vorkommnisse auf dem Usturt-Plateau durch Barbot de Marny nachgewiesen wurden. Wahrscheinlich dehnen sich sarmatische Schichten noch weiter gegen Osten aus. Übrigens kommt die heute festgestellte Ausdehnung des sarmatischen Beckens schon der des jetzigen Mittelländischen Meeres etwa gleich.

Während das Mittelmeer durch großen Formenreichtum die angrenzenden Gebiete des Atlantischen Ozeans entschieden übertrifft, ist die sarmatische Fauna an Mannigfaltigkeit und Größe der Tiere ärmlich, und nur die Häufigkeit der einzelnen Arten bietet Ersatz dafür. Cephalopoden, Brachiopoden, Echinodermen, Korallen fehlen ganz, und auch in den vertretenen Klassen der niederen Tiere macht sich eine auffallende Eintönigkeit geltend. Unter den Muscheln und Schnecken finden sich keine großen Formen und keine der Gattungen, die jetzt in wärmeren Meeren leben, wie Conus, Oliva, Voluta, Mitra, Terebra, Cypraea, Tritonium, Spondylus ꝛc. Auch die Gattungen, die vorhanden sind, werden meist durch unscheinbare Arten vertreten, die teilweise in überraschender Variabilität und in ungeheurer Häufigkeit vorkommen. Außer den Schaltieren finden sich stellenweise viele Bryozoen, ferner spärliche Foraminiferen und einige andere wenig in die Augen fallende Typen.

Cerithium rubiginosum, aus sarmatischen Schichten; links ein gut erhaltenes Exemplar, rechts ein Stück Kalk mit Abdrücken und Steinkernen. Vgl. Text, S. 395.

In Kontrast zu dieser dürftigen Ausstattung mit wirbellosen Tieren steht die Entwickelung mariner Wirbeltiere: zahlreich sind Fische und Schildkröten, vor allem aber ein Element stark vertreten, das in den mediterranen Meeresbildungen nur schwach repräsentiert ist: die marinen Säugetiere. Seehunde, zahlreiche Delphine, kleine Bartenwale und eine eigentümliche kleine Form von Seekühen mit geschwellten Knochen und verengtem Rückenmarkskanal, Pachyacanthus, gibt es in großer Zahl. Die in sarmatischem Thon angelegten Ziegelgruben von Nußdorf und Hernals bei Wien haben ausgezeichnete Reste solcher Tiere geliefert; ebenso viele Punkte in Rumänien, Südrußland und in der Umgebung von Troja.

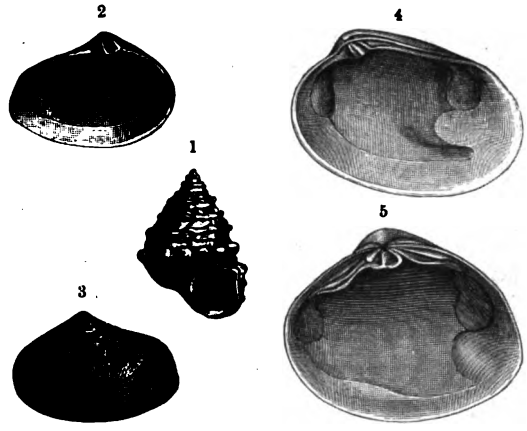
Eine außerordentlich tief greifende Veränderung der Meeresbewohner nehmen wir hier wahr; aber merkwürdigerweise geht damit keinerlei Umgestaltung der Landsäugetiere Hand in Hand. An vielen Stellen hat man Reste solcher in sarmatischen Schichten eingeschwemmt gefunden, es sind aber genau dieselben Formen wie in den älteren Miocänbildungen: Mastodon angustidens, Listriodon splendens, Anchitherium Aurelianense sind auch hier bezeichnend.

Im westlichen Teile ihres Verbreitungsgebietes liegen die sarmatischen Schichten regelmäßig auf mediterranen Ablagerungen. Im Osten aber erstrecken sie sich viel weiter und liegen im größten Teil von Südrußland und der westasiatischen Fundorte ungleichmäßig und übergreifend auf altem Gebirge. Wenn wir nun die Fossile dieser verschiedenen Gegenden miteinander vergleichen, so zeigt sich ein Kontrast. Im Westen nehmen die sarmatischen Schichten eine Zahl von Arten aus den tiefer liegenden mediterranen Ablagerungen auf, namentlich kleine Schnecken aus den Gattungen Murex, Pleurotoma, Cerithium und einigen anderen; und daneben kommen Formen vor, die mediterranen so nahe stehen, daß sie ohne Zweifel als wenig abgeänderte

Digitized by Google

Nachkommen solcher betrachtet werden müssen. Besonders häufig sind hier die Cerithien, namentlich Cerithium pictum und C. rubiginosum (s. Abbildung, S. 394), die in den Umgebungen von Wien zu Millionen in den sarmatischen Ablagerungen, stellenweise aber auch schon in älteren häufig auftreten. Schreitet man jedoch nach Osten in die pontische Region, nach Rußland und in die kaspischen Gegenden vor, so werden diese Überbleibsel der mediterranen Bevölkerung immer seltener, und in den östlichsten Lokalitäten scheinen sie ganz zu fehlen. Hier im Osten herrschen namentlich solche Arten, die nicht mit Wahrscheinlichkeit als abgeänderte Nachkommen bisher bekannter mediterraner Arten gelten können; so besonders Arten der Gattungen Trochus, Nassa, Phasianella ꝛc., ferner einige Muscheln, unter denen Mactra podolica, Ervilia podolica, Tapes gregaria am bezeichnendsten sind (s. untenstehende Abbildung). Viele dieser Arten erstrecken sich auch nach Westen und mischen sich hier mit den mediterranen Elementen.

Wir können also in der sarmatischen Fauna zweierlei Elemente unterscheiden: das eine, das sich aus dem mediterranen Meere erhalten hat, und dessen Verbreitung sich ganz vorwiegend im Westen des sarmatischen Beckens befindet, und ein zweites von noch unbekanntem Ursprung, das im Osten, in Galizien und Bessarabien, seine Hauptentwickelung hat und insofern als autochthon bezeichnet werden darf. Vor Jahren wurde die Vermutung ausgesprochen, daß der zweite Bestandteil, die Fauna der Mactra podolica, wie wir sie nennen wollen, nordischer Herkunft sei: vom Aralsee hätte sich durch Sibirien eine Verbindung mit dem Nördlichen Eismeer eröffnet und die Einwanderung ermöglicht. Dies hat sich aber nicht bestätigt, und man ist über die eigentliche Heimat dieser merkwürdigen Tiergesellschaft noch im unklaren. Mit Ausnahme weniger Foraminiferenarten und vielleicht einzelner der Süßwasserkonchylien scheinen alle Arten der sarmatischen Fauna ausgestorben zu sein und auch keine abgeänderte Nachkommenschaft in den Meeren späterer Zeit hinterlassen zu haben, während sich manche der Brackwasserformen des Pontischen Sees wahrscheinlich auf sarmatische Typen zurückführen lassen. Die Meeresfauna aber ist verschwunden, und wer nach dem Prozentverhältnis der noch lebenden Formen das Alter der sarmatischen Schichten bestimmen wollte, müßte sie dem Eocän einverleiben.



Sarmatische Konchylien: 1) Trochus podolicus; 2, 3) Ervilia podolica, von außen und innen; 4) Tapes gregaria, von innen; 5) Mactra podolica, von innen. (Nach M. Hörnes.)

Wir müssen weit in der Erdgeschichte zurückgehen, um ein Analogon für die sarmatischen Vorkommnisse zu finden. Weder aus dem übrigen Tertiär noch aus Kreide oder Jura kennen wir ein Beispiel eines derartigen Binnenbeckens mit mariner Fauna, wo Muscheln und Schnecken stark die Oberhand haben, eine geringe Artenzahl mit unzählbaren Individuen auftritt, und sich ein so radikaler Unterschied von den gleichzeitigen Bildungen des offenen Meeres zeigt. Erst in der Trias lehrt der Hauptmuschelkalk und im Perm der Zechstein Deutschlands ähnliche Zustände, wie das von Th. Fuchs hervorgehoben worden ist.

Die Gegend zwischen Wien und dem Aralsee bildet zu Ende der Miocänzeit eine Welt für sich. Dieses Verhältnis erhält sich auch noch später längere Zeit hindurch, wenn auch keine marine Fauna mehr von diesem gewaltigen Becken beherbergt wird. So auffallend daher auch die Eigentümlichkeiten der sarmatischen Ablagerungen in Verbreitung und Fauna sind, so stellen sie uns doch

Digitized by Google

nur eine rein lokale Episode in der Entwickelung des obersten Miocäns dar, ohne Bedeutung für die Gestaltung des Lebens auf Erden. Außerhalb des Beckens, wo diese fremdartigen Gebilde entstanden, hatte die Fortbildung der Organismen ihren ungestörten Verlauf.

Das untere Pliocän (die pontische Stufe).

Mit dem Schlusse der miocänen Zeit treten große Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land ein. In allen Gegenden Europas, die bis dahin vom Meere überflutet waren, findet ein allgemeiner Rückzug des Meeres statt, überall zeigen sich nur Binnenablagerungen, teilweise von großer Ausdehnung und Mächtigkeit. Wir stehen vor der in der ganzen Erdgeschichte einzigen Erscheinung, daß, von vereinzelten noch unsicheren und jedenfalls schwachen Spuren abgesehen, nirgends eine Meeresbildung dieses Zeitraumes vorhanden ist. Allerdings müssen wir berücksichtigen, daß wir noch nicht im stande sind, junge Tertiärablagerungen von weit voneinander entlegenen Punkten genau untereinander zu parallelisieren. Wir können den Nachweis des Fehlens entsprechender Marinsedimente nur für Europa, Nordafrika und das westliche Asien führen; und es ist wahrscheinlich, daß solche anderwärts vorhanden sind. Aber selbst in dieser Einschränkung bleibt die Thatsache auffallend, ja beispiellos. Wir können uns keine andere Deutung dafür denken, als daß damals in unseren Regionen eine ausgezeichnete Kontinentalperiode eintrat, in der der Meeresspiegel tiefer stand als heute, und daß seither keine hinreichende Bewegung der gebirgsbildenden Kräfte stattfand, um marine Schichten dieses Alters über die Oberfläche des Meeres emporzustauen. Die Meeresbecken blieben natürlich während dieser Zeit annähernd dieselben wie vorher; nur einzelne Gebiete wurden damals vom Ozean endgültig abgetrennt und nicht wieder von ihm erreicht.

Die Ablagerungen dieser Kontinentalperiode werden in der Regel als die pontische Stufe zusammengefaßt, und man hat viel über die Frage diskutiert, ob sie besser dem Miocän oder Pliocän zugeteilt werden sollen. Doch sind die Unterschiede zwischen Miocän und Pliocän lediglich auf die Marinfauna gegründet; die jüngeren Meeresbildungen von Wien, Tortona in Italien, Bordeaux und der Touraine stellen das obere Miocän dar, die Schichten von Asti in Piemont, die „Subapenninbildungen", und der ältere Crag von England bilden den Typus des unteren Pliocäns nach der ursprünglichen Auffassung. Die pontische Stufe schiebt sich zwischen beide ein; sie hat keine Marinfauna geliefert. Ihre Binnenbevölkerung zeigt ebensoviel oder ebensowenig Verwandtschaft nach oben wie nach unten, und man kann sie daher ebensogut miocän wie pliocän nennen. Deshalb hat sich bei manchen Autoren der unbeholfene, aber das Wesen bezeichnende Ausdruck „miopliocäne Schichten" eingestellt. In neuerer Zeit ist man geneigt, die pontische Stufe dem Pliocän einzuverleiben.

Die bezeichnendsten Vorkommnisse der pontischen Stufe sind die Säugetiere. Es tritt hier eine selbständige Fauna auf, die Hippotherien- oder Pikermifauna, die zwar einzelne Formen mit jüngeren und älteren Ablagerungen gemein hat, im allgemeinen aber sehr charakteristisch ist. Der erste Fundort, der diese Fauna des Mastodon longirostris geliefert hat, ist Eppelsheim bei Mainz. Später wurde sie von zahlreichen anderen Punkten bekannt: von Concud in Spanien, vom Mont Leberon im südlichen Frankreich, von zahlreichen Punkten Süddeutschlands und der Schweiz, ferner aus Österreich, aus Ungarn, Italien, von Pikermi in Griechenland, auf Samos, aus der Gegend von Troja und am Urmia-See in Kleinasien und bei Maraga in Persien; und endlich gehört auch ein Teil der Fauna der Sivalik-Bildungen Indiens hierher. In diesem Abschnitt der Tertiärzeit entwickelt das Säuge-

Digitized by Google

tierleben auf dem europäisch-asiatischen Kontinent die größte Fülle. Weitaus das häufigste Tier war damals das früher genannte Hippotherium, ein Vorfahr unseres Pferdes, kleiner und leichter gebaut als dieses; in zahllosen Herden muß es Europa und Asien bewohnt haben. In kaum geringerer Menge gesellen sich dazu an vielen Punkten verschiedene Antilopen, unter denen Gazellen vorwiegen; diese häufigsten Formen waren, nach den Lebensgewohnheiten ihrer jetzt lebenden Verwandten zu urteilen, wahrscheinlich Bewohner weiter Steppen, und solche scheinen damals große Strecken eingenommen zu haben. An manchen Punkten jedoch herrscht eine etwas verschiedene Zusammensetzung der Fauna: so treten bei Eppelsheim statt der Antilopen Hirsche, also Waldtiere, auf; danach scheint das mittelrheinische Gebiet einen anderen Vegetationscharakter besessen zu haben. Zu diesen häufigsten Formen gesellen sich Giraffen und das große, diesen verwandte Helladotherium, ein großes Schwein (Sus erymanthius), mehrere Rhinozerosse und unter ihnen auch ein Vertreter der ungehörnten Gattung Aceratherium, endlich der Tapir und das tapirähnliche Chalicotherium als Vertreter der Huftiere im engeren Sinne. Von Rüsseltieren sind die Dinotherien verbreitet und erreichen bedeutendere Größe als im Miocän, während die Gattung Mastodon durch den riesigen Mastodon longirostris vertreten ist: zwei Tierformen, die den größten Elefanten der Jetztwelt an Masse übertreffen. Dazu gesellte sich als ein fremdartiges Element ein Edentat der Gattung Orycteropus, in Südafrika jetzt noch durch das Erdferkel vertreten. Neben diesen Pflanzenfressern findet sich eine Menge von Raubtieren, die jenen nachstellten: der furchtbare Machairodus mit seinen enormen dolchförmigen Eckzähnen, eine pantherähnliche Katze, Hyänen, die Ictitherien aus der Familie der Zibetkatzen und Vorläufer von Bären (Amphicyon, Simocyon, Hyaenarctos); endlich noch eine Reihe anderer, minder wichtiger Formen: Biber, Stachelschweine und Affen (Mesopithecus), die sich den Schlankaffen am innigsten anschließen. Dazu gesellten sich in Indien noch die gewaltigen Sivatherien und ihre Verwandten, verschiedene Mastodonten 2c.

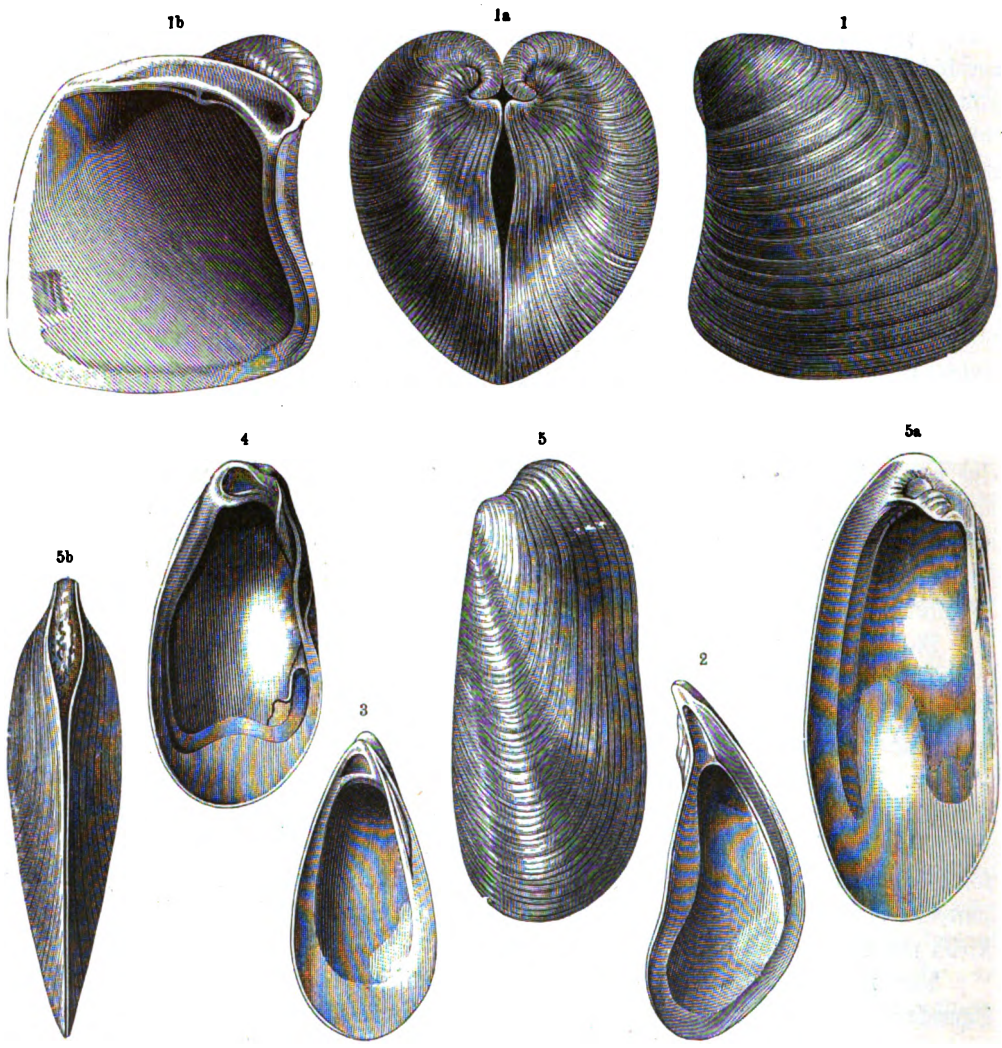
Man hat gefunden, daß diese Fauna einen entschieden afrikanischen Charakter an sich trägt. In der That erinnern einige der Antilopen, namentlich Palaeoryx und Palaeoreas, ferner die Giraffe und Orycteropus, an die heutigen Typen der äthiopischen Region. Daß jedoch Europa damals mit Nordafrika in Verbindung gestanden habe, ist zum mindesten unbewiesen. Zur Zeit der pontischen Stufe existierte eine annähernd gleichartige Säugetierfauna vom Atlantischen Ozean durch ganz Europa und den größten Teil Asiens bis nach Vorder- und Hinterindien, China, Sumatra und Java. Daher konnte eine Besiedelung Afrikas von Osten her über Persien, Syrien, Arabien und das Gebiet des damals noch nicht vorhandenen Roten Meeres erfolgen, und es ist also die Annahme einer Verbindung zwischen Afrika und Europa überflüssig.

Von niederen Tieren kennen wir aus der pontischen Stufe namentlich Muscheln und Schnecken des süßen oder schwach gesalzenen Wassers, die vielleicht noch eigenartiger sind als die Landsäugetiere. Den Hauptsitz dieser Formen bieten gewaltige Seen, die sich um diese Zeit im östlichen Europa und im westlichen Asien entwickeln. Das große sarmatische Becken, das sich zu Ende der Miocänzeit aus der Gegend von Wien der Donau entlang und am Nordrande der Karpathen hin über das heutige Schwarze Meer und Südrußland bis zum östlichen Ufer des Aralsees erstreckte und mit dem offenen Ozean an einer noch nicht ermittelten Stelle in beschränkter Verbindung stand, wurde zu Anfang der pontischen Zeit von dieser Verbindung losgetrennt, und nach mannigfachen Schwankungen entstanden auf demselben Areal einige große Seen, die durch einmündende Flüsse nicht ganz ausgesüßt wurden. Den Umfang und die Begrenzung dieser Seen genau anzugeben, ist nicht möglich. Den westlichsten Rand von diesen wie vom sarmatischen Meere bezeichnet die Lage der Stadt Wien. Von da aus verbreiteten sie sich

Digitized by Google

durch die ungarische Ebene, die Saveniederung, Siebenbürgen, das Banat, Rumänien und die Umgebung des Schwarzen und Kaspischen Meeres.

Die Fauna, die hier lebte, ist durch einige Typen charakterisiert. In erster Linie bezeichnend ist das massenhafte Auftreten der Gattung Congeria (s. untenstehende Abbildung). Diese Formen, nach denen die Ablagerungen den Namen der Congerienschichten erhalten haben, kommen



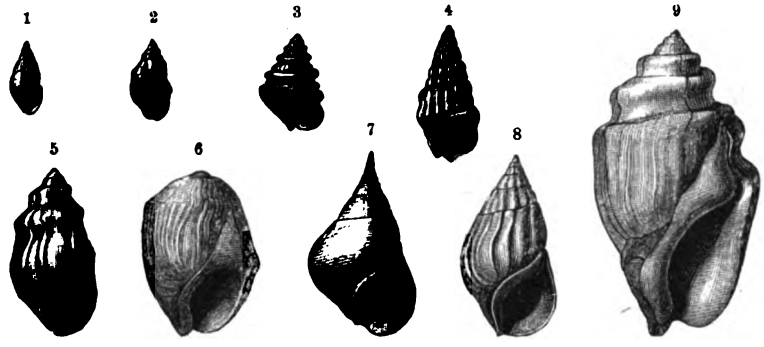
Pontische Congerien, zum Teil in verschiedenen Stellungen: 1) Congeria subglobosa, 2) Congeria spatulata, 3) Congeria Czizeki (nach M. Hörnes); 4) Dreissenomya aperta, 5) Dreissenomya Schröckingeri (nach Th. Fuchs).

hier in einer Menge, Größe und Schönheit vor, die sie niemals, weder früher noch später, mehr erreicht haben. Ein zweites wesentliches Element bilden die Angehörigen der Gattung Cardium, einer Sippe, die vorwiegend dem Meere angehört, aber sowohl im jüngeren Tertiär als in der Jetztzeit vielfach auch in schwächer gesalzenen Binnenseen vorkommt und hier so eigentümliche Merkmale in der Bildung des Schlosses und anderer Teile annimmt, daß man diese Formen als selbständige Untergattungen (Monodacna, Adacna ꝛc.) unterschieden hat. Endlich spielt die Schneckengattung Melanopsis, nur in süßem und schwach gesalzenem Wasser vorkommend, eine

Digitized by Google

große Rolle und hat hier die größten und stattlichsten Arten aufzuweisen, die überhaupt bekannt sind (s. untenstehende Abbildung). Neben diesen drei dominierenden Typen kommen aber noch eine Menge anderer vor. Eine der merkwürdigsten Erscheinungen bildet die Gattung Valenciennesia, eine mit den Teichschnecken verwandte, flach schüsselförmige Schnecke von abnormer Größe und eigentümlicher Rippenbildung, die in Kroatien, Slawonien, Ungarn und in der Krim auftritt. An manchen Lokalitäten, vermutlich Ablagerungen geschützter Buchten, häufen sich zahllose zierliche, oft reichverzierte Formen an, die merkwürdigerweise in ihrem Vorkommen ganz lokalisiert sind, so daß jeder neuentdeckte Fundort ein Heer neuer Arten liefert.

Der außerordentliche Reichtum an verschiedenen Arten ist nicht nur den Congerienschichten Osteuropas eigen. Dieselben Erscheinungen wiederholen sich auch bei den mittelpliocänen Süßwasserablagerungen desselben Gebietes, so daß diese beiden Gruppen an Formenmenge ihrer Konchylien alle anderen bisher bekannten Binnenablagerungen bei weitem übertreffen: man kennt schon jetzt über 500 verschiedene Formen. In der Jetztwelt ist nur ein Teil von Nordamerika, namentlich das Flußgebiet des Ohio und seine Umgebung, in etwas geringerem Grade China durch eine ähnliche Mannigfaltigkeit der Süßwassermollusken ausgezeichnet. Um so merkwürdiger ist es, daß die jungtertiären Binnenablagerungen eine Anzahl überaus charakteristischer Typen mit diesen Gebieten gemein haben, wo heute die größte Mannigfaltigkeit der Süßwasserkonchylien herrscht. Wir werden bei Besprechung des mittleren Pliocäns näher auf diesen Gegenstand eingehen, da hier die Erscheinung in vollster Entwickelung hervortritt. Hier, bei Besprechung der Congerienschichten, fesselt uns eine verwandtschaftliche Beziehung anderer Art, die zu der jetzt lebenden Bevölkerung des Kaspischen Meeres und der kleinen Süßwasserbecken in der Umgebung des Schwarzen Meeres. Hier leben die den Arten der pontischen Ablagerungen verwandten Congerien und Brackwassercardien noch heute fort, obwohl in geringerer Mannigfaltigkeit. Namentlich das Kaspische Meer können wir als den letzten Rest jener ungleich größeren Binnenseen bezeichnen, die sich zu Beginn der pliocänen Zeit von Wien bis zum Aralsee ausdehnten. Auch das Schwarze Meer hatte lange Zeit, wie die jungen Ablagerungen seiner Umgebung zeigen, denselben Charakter. Allein während der diluvialen Zeit trat es in Verbindung mit dem Mittelmeer, ein Teil von dessen Fauna wanderte hier ein und verdrängte die ursprüngliche Bevölkerung.



Miocäne und pliocäne Melanopsiden: 1) Melanopsis pygmaea; 2) M. Bouéi; 3) M. aetolica; 4) Melanoptychia Bittneri; 5) Melanopsis Heldreichi; 6) M. vindobonensis; 7) M. Gorceixi; 8) M. Proteus; 9) M. martiniana. Vgl. auch Text, S. 310.

Merkwürdig ist dabei das Schicksal einer kleinen Muschel, der Dreyssensia polymorpha, des letzten Epigonen der großen pontischen Formen. Schon im Pliocän lebte diese Art in Europa, namentlich in Slawoniens Tertiär. Dann aber verschwand sie mit all den anderen Formen jener Zeit aus unseren Gegenden, erhielt sich jedoch im Asowschen Meere und in den Limanen, den Lagunen an der Küste des Schwarzen Meeres. Von da aus hat sie einen neuen Eroberungszug angetreten und sich in Europa ein größeres Wohngebiet errungen, als sie oder

Digitized by Google

ihre Verwandten jemals früher hier innehatten. Dreyssensia polymorpha (ſ. untenſtehende Abbildung) lebt zwar nicht dauernd im Meere, kann aber den Aufenthalt in ſeinem ſtark geſalzenen Waſſer lange ertragen. Sie hat die Eigentümlichkeit, ſich mit Fäden, dem Byſſus, an fremde Körper anzuheften, und ſo gelangte ſie, an dem Boden von Schiffen befeſtigt, aus dem Aſowſchen Meere in weſteuropäiſche Hafenplätze und wurde in die meiſten Flußgebiete Europas verſchleppt. Sie ſteigt nun darin immer weiter ſtromaufwärts und hat ſchon die größere Hälfte unſeres Erdteiles wieder okkupiert. Auch in das alte Stammgebiet iſt ſie wieder vorgedrungen, in der Donau, der Save ꝛc. angeſiedelt und ſo an die Stelle zurückgekehrt, die die Congerien vor langen Jahrtauſenden verlaſſen haben.

Mehrere Exemplare von Dreyssensia polymorpha, durch ihren Byſſus aneinander geheftet; aus den Altwaſſern der Donau bei Wien.

Die wichtigſten Fundorte pontiſcher Molluskenſchalen ſind die Umgebung von Wien, dann Agram in Kroatien, Tihany am Plattenſee, Arpad in Ungarn, Radmaneſt im Banat, ferner mehrere Lokalitäten in Rumänien, bei Odeſſa und in der Krim, namentlich in der Nähe von Kertſch. Auch Säugetierreſte haben dieſe thonigen Bildungen an manchen Punkten geliefert: bei Baltavár in Ungarn, auch in den Ziegeleien der Umgebung von Wien. Verbreiteter aber als in dieſen eigentlichen Seebildungen finden ſie ſich in gelblichen Geröllſchichten und Sanden, die von Flüſſen jener Zeit abgelagert wurden und ſich namentlich im Wiener Becken, wo ein großer, aus Böhmen kommender Fluß in den pontiſchen See mündete, über den Congerienſchichten ausdehnen. Dieſer Belvedereſchotter erreicht große Verbreitung.

Auch außerhalb der großen pontiſchen Binnenmeere waren damals an einigen Punkten Europas Seen von geringerem Umfange vorhanden, die eine ähnliche Fauna beherbergten. Aus Italien kennt man derartige Bildungen, weiße Mergel mit Melanopsis, Planorbis, Inſekten, Süßwaſſerfiſchen und Fröſchen, ferner Thone und Sande mit Congerien und Brackwaſſercardien im Norden wie im Süden der Halbinſel. Auch im Rhônebecken in Frankreich treten congerienführende Ablagerungen auf, die wahrſcheinlich dem mittleren Pliocän angehören. Verbreiteter als dieſe kommen aber fluviatile Bildungen, von Flüſſen zuſammengeſchwemmte Maſſen von Sand und Geröllen oder von rotem Lehm, vor, die ſtellenweiſe außerordentliche Mengen von Säugetierreſten enthalten. Der berühmteſte und reichſte Punkt dieſer Art iſt Pikermi, zwiſchen Athen und Marathon. Als unter König Otto bayriſche Garniſonen in Griechenland waren, fand ein Soldat in einem Bacheinſchnitte bei dem Meierhofe Pikermi einen foſſilen Schädel; dieſer gelangte nach München und wurde hier als einem Affen angehörig erkannt. Da Affenreſte damals ſelten waren, ſo erregte der Fund Aufſehen, die bayriſche Regierung ließ Nachgrabungen veranſtalten; dann geſchah das von Frankreich aus in größerem Maßſtabe, und ſpäter wurde das Knochenlager noch öfter ausgebeutet, ſo daß Reſte von dort in vielen Sammlungen vertreten ſind.

Wie konnten an einem Orte ſo viele Knochen zuſammenlagern? Von den Vorbergen des Pentelikon im Norden, von niedrigeren Höhen im Süden eingefaßt, zieht ſich eine ſanft abfallende Ebene aus der Mitte des ſüdlichen Attika nach Oſten zum Meere, das ſie bei dem Fiſcherdorfe Rhaphina erreicht. Dieſe Ebene iſt von Ablagerungen der pontiſchen Stufe gebildet, von abwechſelnden, mehrere Meter mächtigen Lagen von rotem Lehm und feſtem Konglomerat, den Abſätzen eines zu Beginn des Pliocäns hier ſich ergießenden Fluſſes, der abwechſelnd feinen roten Schlamm und grobe Gerölle führte. Dieſe pontiſchen Bildungen ſind von diluvialen Ablagerungen größtenteils verdeckt; doch hat ſich in der Jetztzeit der Bach von Pikermi eine tiefe Schlucht

Digitized by Google

eingeschnitten, die die tertiären Schichten aufschließt. Die Knochen finden sich nur in dem roten Lehm, aber nicht in allen seinen Teilen, sondern treten nur in einer der Bänke dieses Materials in Masse auf und auch hier nur in einer etwa 1 m mächtigen Schicht. Man muß bei der Ausbeutung der Lokalität im Hangenden dieser Lage den Lehm abdecken, bis man auf die Fundschicht trifft; diese aber ist so ganz erfüllt von Knochen, daß man oft den Spaten oder die Haue nicht einsetzen kann, ohne einen zu zertrümmern. Dabei ist es auffallend, daß Kiefer, Zähne und Extremitätenknochen in allergrößter Menge, ganze Schädel nur spärlich, Wirbel und Rippen aber höchst selten gefunden werden. Endlich ist es sonderbar, daß die großen, starken Röhrenknochen meist in der Nähe eines ihrer Gelenkköpfe scharf abgebrochen sind; an einzelnen konnten scharfe und tiefe Einschnitte beobachtet werden, die offenbar von den Zähnen großer Raubtiere herrühren, nicht aber von den Werkzeugen tertiärer Menschen, wie man vermutet hat.

Es ist schwierig, sich ein Bild von den Ursachen einer so massenhaften Zusammenhäufung von Tierresten in einer einzigen dünnen Lage eines Schichtsystems zu machen, das sonst keine oder nur seltene Fossile enthält. Die Knochen sind nicht abgerollt, also nicht weither vom Wasser transportiert; sie sind von Raubtieren benagt und zerbrochen, mußten also, ehe sie ins Wasser gerieten, eine Zeitlang auf trockenem Lande gelegen haben. Vielleicht wirft ein Bericht, den Darwin in seinem Reisewerk über die Erdumsegelung des Schiffes ‚Beagle' aus den Pampassteppen von Südamerika gibt, einiges Licht darauf. Während einer Zeit außerordentlicher Hitze und Dürre in den Jahren 1827—30 fiel so wenig Regen, daß die ganze Vegetation, selbst bis auf die Disteln, ausblieb; die Bäche vertrockneten, und das ganze Land nahm das Aussehen einer staubigen Landstraße an. Rinder und Pferde gingen in zahlloser Menge zu Grunde; in unabsehbaren Scharen drängten sie nach den größeren Strömen, namentlich nach dem Parana, und stürzten sich über die Ufer hinunter, um ihren Durst zu löschen. Sie waren aber zu entkräftet, um den Uferrand wieder zu erklimmen, immer neue Scharen kamen von oben nach, und so gingen die Tiere infolge der Dürre zu Hunderttausenden im Wasser zu Grunde. Unter den verschiedenen Möglichkeiten für die Erklärung der Knochenanhäufung bei Pikermi hat jedenfalls die Annahme einer derartigen Katastrophe am meisten Wahrscheinlichkeit; auch die Benagung der Knochen durch Raubtiere würde sich wohl erklären, denn jedenfalls werden sich die Machairodonten, Hyänen, Ictitherien, Panther und ihre Genossen massenhaft eingefunden haben, um unter den zu Tode erschöpften Tieren reiche Beute zu holen. Allerdings bleibt dabei die Seltenheit von Rippen, Wirbeln und Teilen des Beckens unerklärt. Und ebenso muß es fraglich erscheinen, ob denn eine einzige derartige Periode der Dürre das Material für die Bildung einer 1 m mächtigen Knochenschicht abgeben kann.

Die bekannten Fundpunkte pontischer Säugetierfaunen sind eigentümlich verteilt. Wir kennen sie aus einer breiten Zone, die sich von Indien und China durch Persien und Kleinasien nach Europa erstreckt, das nur in seiner südlichen Hälfte Reste dieses Alters geliefert hat. Das ganze nördliche Europa, mit Einschluß von Norddeutschland, Nordfrankreich und England, hat noch keine Spur geliefert, und ebensowenig kennen wir eine solche aus dem nördlichen Asien; in Afrika ist nur ein einziges Vorkommen im äußersten Norden in Algerien nachgewiesen worden, das sich den südeuropäischen anschließt. In Nordamerika ist die Gattung Hippotherium, der bezeichnendste unterpliocäne oder pontische Typus, gefunden worden, und auch einzelne andere Formen, die auf dieselbe Fauna verweisen; doch ist es nicht möglich, eine der Abteilungen des amerikanischen Tertiärs als ein genaues Äquivalent unserer Stufe auszuscheiden.

Digitized by Google

Mittleres und oberes Pliocän.

Mit dem mittleren Pliocän, der Asti-Stufe, wie sie nach einem südöstlich von Turin gelegenen wichtigen Fundorte genannt wird, greift das Meer wieder um sich, nimmt wieder Besitz von einem Teile der jetzigen Festländer, erreicht aber in diesem Gebiete bei weitem nicht mehr die Ausdehnung wie zur Miocänzeit. Die pliocänen Marinbildungen säumen nur die Ränder der Kontinente ein und erstrecken sich nur in einigen weiten Flußthälern, wie in denen des Po und des Rhône, etwas weiter ins Innere. Anderseits sind namentlich in der Mittelmeerregion weite Gebiete, die heute Meer sind, in jener Zeit noch hohes, wahrscheinlich gebirgiges Land.

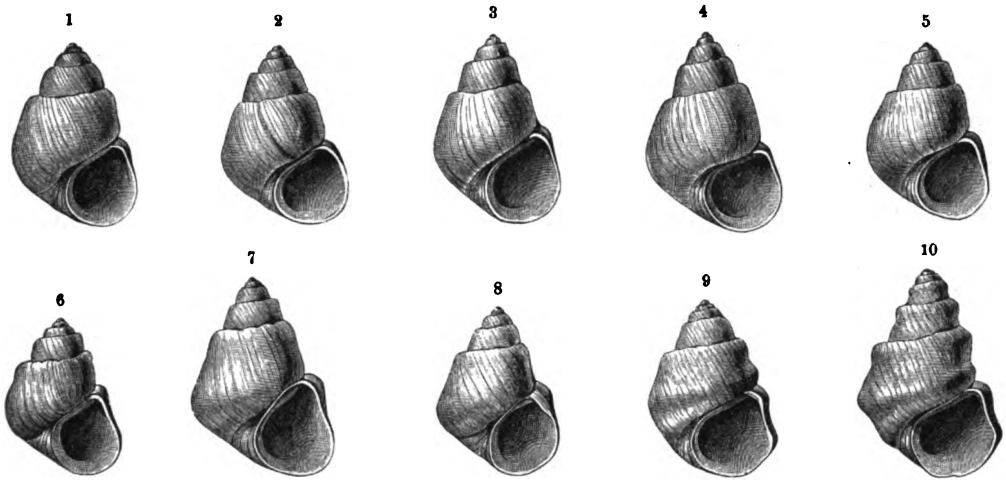
Weitaus die wichtigsten Marinablagerungen des mittleren Pliocäns, durch ungeheure Menge wohlerhaltener Fossile ausgezeichnet, sind die des Mittelmeergebietes. In den typischen Gegenden, in der Bucht, die sich am Nordfuße des Apennin und südlich von den Alpen durch das heutige Po-Thal bis tief nach Piemont hinein erstreckt, ferner in Toscana und in der Gegend von Rom treten namentlich blaue Thone und gelbe Sande auf, deren Konchylienfauna zwischen der miocänen und der des heutigen Mittelmeeres die Mitte hält. In dieser dritten Mediterranfauna wächst die Zahl der jetzt noch lebenden Arten beträchtlich an. Noch hat die Tiergesellschaft subtropischen Charakter: die großen Arten der Gattungen Mitra, Conus, Terebra ꝛc. sind noch vorhanden. Aber ihre Zahl hat abgenommen, und namentlich sind die riffbildenden Korallen verschwunden. In Kalabrien und in der Gegend von Messina treten weiße Mergel mit zahllosen Foraminiferen, zahlreichen Bryozoen, Brachiopoden und kleinen Muscheln und Schnecken auf, Ablagerungen aus etwas tieferem, durch keinerlei thonige oder sandige Sedimente getrübtem Wasser. Ähnliche Entwickelung wie im nördlichen und mittleren Italien finden wir noch in verschiedenen anderen Teilen des Mittelmeerbeckens, so auf den Jonischen Inseln, im Peloponnes, in Algerien, Spanien, auf den Balearen und im südlichen Frankreich, wo die Meeresbildungen vielfach mit Süßwasserablagerungen ineinander greifen, wie Fontannes gezeigt hat. Die Verbindung des Mittelmeeres mit dem offenen Atlantischen Ozean scheint auch damals durch das Thal des Guadalquivir stattgefunden zu haben.

Ein zweites Gebiet Europas, wo wichtige pliocäne Meeresablagerungen auftreten, liegt weiter im Norden. Das südliche England, Belgien und vereinzelte Punkte im nördlichen Frankreich enthalten Sande, Konglomerate und Mergel, die man mit dem englischen Lokalnamen Crag bezeichnet. Die älteren Teile dieser Schichten, namentlich der Coralline Crag in England, entsprechen dem mittleren Pliocän; ihre Fauna beweist deutlich den Temperaturunterschied gegenüber der Mittelmeerregion. Wenn auch ein großer Teil der Formen auf wärmeres Klima verweist, als es heute in England herrscht, so fehlt doch das subtropische Element fast vollständig.

Von großer Bedeutung sind die Binnenablagerungen des Pliocäns. Die Landsäugetiere stehen denen der pontischen Stufe nahe, aber es lassen sich doch Unterschiede bemerken. So sind die Aceratherien, die Dinotherien und Chalicotherien ausgestorben, die Hippotherien selten, die Giraffen aus Europa verschwunden; dagegen finden wir zwei Mastodonten, Mastodon arvernensis und Borsonii, Rhinozeros, Tapir, einige Affen, ferner die ersten Vertreter der Pferde, Bären und Rinder. Die Umgebung von Montpellier, die Auvergne, das Rhônethal, das obere Arnothal und Siena in Toscana sind die wichtigsten Fundstellen dieser Fauna, doch kommen Formen davon auch anderwärts, so in Thüringen, bei Ainacskö in Ungarn, bei Bribir in Kroatien, in England ꝛc., vor. Übrigens ist es noch nicht möglich, diese Säugetierfauna von der des oberen Pliocäns konsequent zu trennen, da es gerade für einige wichtige Fundstellen noch nicht gelungen ist, zu entscheiden, in welche der beiden Abteilungen sie gehören.

Digitized by Google

Außerordentlich verbreitet sind Süßwasserbildungen mit Konchylien. Wir kennen solche aus dem südlichen Frankreich, wo sie namentlich eine reiche Menge von Landschnecken enthalten, stellenweise aber auch durch Congerien führende Ablagerungen ersetzt scheinen; ferner aus Italien. In größerer Verbreitung aber treten sie im südöstlichen Europa, in annähernd denselben Gegenden auf, wo die pontischen Congerienschichten ihre mächtige Ausdehnung fanden. Jene gewaltigen Binnenseen schrumpften ein, und namentlich die großen Wasserflächen, die die Walachei, Ungarn, Slawonien, Kroatien und das Wiener Becken erfüllten, verschwanden, und an ihrer Statt blieben an verschiedenen Stellen Seen zurück, die immer noch den Bodensee oder den Genfer See an Größe erheblich übertroffen zu haben scheinen. Solche entstanden auch in Gegenden, wo wir keine pontische Wasserbedeckung nachweisen konnten: in Albanien, Makedonien, Griechenland und im Bereiche des heutigen Ägeischen Meeres. In diesen kleinen Seen wurde, nach der Fauna zu schließen, das Wasser in der Regel von durchströmenden Flüssen ausgesüßt, und es blieb nur



Formenreihe abändernder Palubinen, aus den levantinischen Ablagerungen der Insel Kos: 1) Paludina Brusinai; 10) Paludina Forbesi; 2—9) Zwischenglieder zwischen beiden. Vgl. Text, S. 404.

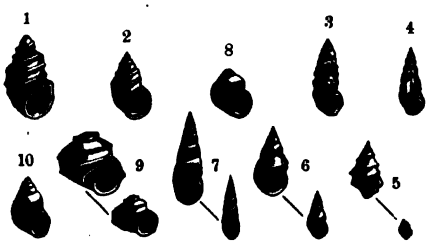
eins der großen pontischen Binnenmeere mit brackischem Wasser auch in der Zeit des mittleren Pliocäns erhalten: das riesige Becken, das das Schwarze und Kaspische Meer der Jetztzeit samt deren Umgebung und das nördlich vom Kaukasus zwischen beiden gelegene Gebiet umfaßte. Durch die geographische Trennung der einzelnen Seen und die größere Verschiedenheit der Lebensbedingungen wird in diesen „levantinischen" Ablagerungen eine Mannigfaltigkeit der Fauna hervorgebracht, die selbst die der pontischen Ablagerungen bedeutend übertrifft.

Während sich in dem großen das Schwarze und Kaspische Meer umfassenden Becken die Congerien und Cardien erhalten, verschwinden sie bis auf dürftige Reste aus den kleineren Seen, wo nun namentlich Teichmuscheln (Unio), Sumpfschnecken (Paludina) und Melanopsiden zahllos auftreten und von einem ganzen Heere kleinerer Formen aus den Gattungen Pisidium, Melania, Hydrobia, Valvata, Bithynia, Neritina ꝛc. begleitet werden. Der formenreichste dieser Seen befand sich in Westslawonien, im Savebecken in der Gegend der Städte Neugradisca und Brod, ein zweiter in Syrmien. Bohrungen im Zentrum der ungarischen Ebene ergaben die Existenz eines solchen Beckens, dessen Spiegel außerordentlich tief gelegen zu haben scheint. Andere waren in Siebenbürgen, in verschiedenen Gegenden Rumäniens vorhanden, ferner bei Ypek in Albanien, bei Stamna im westlichen Griechenland, an einigen Stellen in Böotien, auf Euböa, auf Rhodos und Kos an der kleinasiatischen Küste, auf Kreta ꝛc.

Digitized by Google

Diese levantinischen Schaltiere bieten in vieler Beziehung Interesse. Zunächst gelingt es hier verhältnismäßig leicht, die allmähliche Umgestaltung zu verfolgen, die verschiedene Typen in den einzelnen Becken erlitten haben. Schon oben wurde eine derartige Formenreihe aus den levantinischen Ablagerungen oder Paludinenschichten vorgeführt: die Umgestaltung einer glatten, mit gewölbten Windungen versehenen Paludina in eine kegelförmige, mit kräftigen Kielen und Knoten versehene Art (s. Abbildung, S. 16). Auf S. 403 ist eine ähnliche Formenreihe aus den levantinischen Ablagerungen der Insel Kos abgebildet, die an Vollständigkeit der Übergänge zwischen den zeitlich aufeinander folgenden Formen nichts zu wünschen übrigläßt. Ähnliche Reihen lassen sich in großer Zahl auch bei anderen Gattungen, bei Unionen, Melanopsiden 2c., verfolgen. Wir erhalten hier die beste Gelegenheit, uns von der Thatsache einer allmählichen Umbildung im Sinne der Darwinschen Lehre zu überzeugen.

Nach anderer Richtung sind die geographischen Beziehungen der levantinischen Konchylien von großem Interesse. Eine Anzahl von Formen, wie die Gattung Melanopsis und die Arten aus der Gruppe der Melania ricinus, hat noch heute wie damals ihre Hauptverbreitung im östlichen Mittelmeergebiet, andere zeigen den Habitus, der noch jetzt allgemein in Europa herrschend ist; daneben aber treten in größerer Zahl andere Verwandtschaften hervor, die auf weit entfernte Gegenden verweisen. Allerdings ist das nichts Außergewöhnliches, und das Auftreten amerikanischer, indischer, afrikanischer Typen in europäischen Binnenablagerungen gehört zu den gewöhnlichen Erscheinungen; hier aber fällt die Sache dadurch auf, daß sich nur zu einem ganz bestimmten ausländischen Faunentypus der Jetztzeit Beziehungen ergeben, aber zu diesem in so ausgezeichneter Weise, wie wir sie wohl bei keiner der alten Faunen wiederfinden. In der Jetztzeit sind bekanntlich Nordamerika, namentlich sein westlicher Teil, und China in Fauna und Flora nahe miteinander verwandt. Eine Menge von Pflanzengattungen, z. B. die Magnolien, ferner Muscheln und Schnecken, und auch höhere Tiere (Alligator) bestätigen, daß der westliche Teil von Nordamerika und China vor kurzer Zeit noch ein zusammenhängendes Faunengebiet dargestellt haben, dessen beide heute weit voneinander getrennte Teile zu Ende der Tertiärzeit durch ein den nördlichen Pazifischen Ozean überbrückendes Festland in Verbindung gestanden haben müssen. Mit diesem chinesisch-amerikanischen Gebiet zeigen nun die levantinischen Ablagerungen des südöstlichen Europa die nächsten Beziehungen, während sie keine Spur irgend eines äthiopischen, indischen, malayischen, australischen, polynesischen oder südamerikanischen Typus enthalten. Diese Erscheinung ist allerdings in der levantinischen Fauna am deutlichsten entwickelt; aber auch die vorhergehenden Süßwasserbildungen der pontischen Stufe und selbst die noch älteren Melanopsidenmergel in Dalmatien und Bosnien zeigen in schwächerem Grade dasselbe Verhältnis. Also zog sich aus der Gegend von Wien und aus Dalmatien durch das südöstliche Europa und von da aus vermutlich durch das vordere und mittlere Asien bis nach China und Nordamerika eine in ihren Grundzügen einheitliche Konchylienfauna des süßen Wassers hin, deren Reste sich heute in verschiedenen Gegenden erhalten haben (s. obenstehende Abbildung).

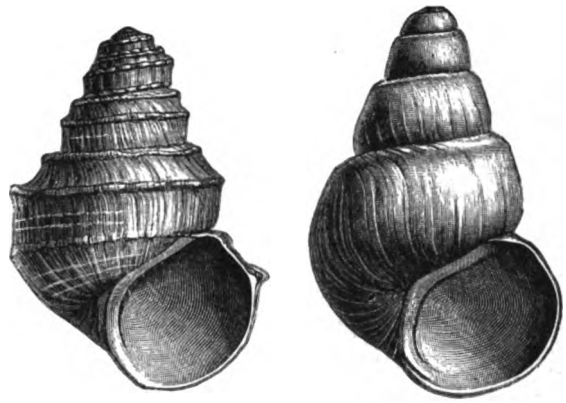


Jungtertiäre Süßwasserschnecken, aus Südosteuropa: 1) Fossarulus sinensis, lebend, China; 2) Fossarulus tricarinatus; 3) Pyrgula Haueri; 4) Prososthenia Tournoueri; 5) Pyrgula pagoda; 6) Hydrobia Eugeniae; 7) Nematurella dalmatina; 8) Valvata piscinalis; 9) Tropidina Eugeniae; 10) Bithynia tentaculata. 2—4, 7 und 10: aus dem Miocän Dalmatiens; 5, 6, 8 und 9: aus dem Pliocän Siebenbürgens.

Für uns ist vor allem die Art der Beziehung wichtig, die die Süßwasserablagerungen Osteuropas mit Chino-Amerika gemein haben. Unter den Schnecken kennen wir nicht weniger als

Digitized by Google

sieben Untergattungen, die diese Verbindung herstellen (Campeloma, Tulotoma, Tropidina, Fossarulus, Prososthenia, Carinifex und Acella); dazu gesellt sich noch eine Anzahl von kleineren Gruppen aus verschiedenen Gattungen. Unter den Muscheln ist die Gattung der Teichmuscheln (Unio) wichtig; sowohl in China als in Nordamerika tritt diese Sippe in einer großen Artenzahl auf, und darunter finden sich Formen, die durch ungewöhnliche Merkmale (exzentrische Stellung der Wirbel, Dicke der Schalen, reiche Verzierung mit Knoten oder Rippen) ausgezeichnet sind; ganz ebensolche Formen sind in größter Menge in den levantinischen Ablagerungen vorhanden. Ein auffallendes Beispiel bildet der große See von Talifu in der südchinesischen Provinz Jünnan; schon seit längerer Zeit war von dort eine große Paludina (s. untenstehende Abbildung) bekannt, die mit slawonischen und ungarischen Pliocänformen nahe verwandt ist. Nun hat die Expedition des Grafen Széchényi diese von Europäern selten betretenen Gegenden besucht, und durch Lóczi wurde eine größere Zahl von Muscheln und Schnecken von dort mitgebracht. Die Übereinstimmung mit den europäischen Paludinenschichten war hier so merkwürdig, daß man nicht im mindesten überrascht gewesen wäre, diese Arten aus europäischem Tertiär zu erhalten; man kann geradezu sagen, der See von Talifu ist das letzte der Becken der levantinischen Stufe, das sich bis in die heutige Zeit erhalten hat.



Paludina Margeriana, aus dem See von Talifu in Jünnan (Südchina). Vgl. damit die Abbildung slawonischer Palubinen, Seite 16.

Führt uns so die Tierwelt der levantinischen Seen zur Erkenntnis zoogeographischer Verhältnisse, so gibt uns anderseits die Lage dieser Becken die Mittel an die Hand, uns über die Verteilung von Wasser und Land in jener Zeit zu orientieren. Von Bedeutung sind in dieser Richtung die Vorkommnisse im Ägeischen Meere und in seiner Umgebung. Mittelpliocäne Marinbildungen treten im Peloponnes auf, fehlen aber im ganzen Griechischen Archipel, und nur bei Athen und Megara finden sie sich. Wir können daraus schließen, daß eine Meeresbucht zwischen Kreta und dem Peloponnes nach Norden reichte und sich bis zur Südküste von Attika erstreckte; im übrigen war das Ägeische Meer damals ein Festland, das Kleinasien und Griechenland miteinander verband, und auf dem einige der oben erwähnten Seen lagen.

Zu eigentümlichen Resultaten gelangen wir, fassen wir die Lagerung der levantinischen Süßwasserschichten in jenen Gegenden ins Auge. Mit horizontalen oder nur wenig geneigten Schichten stehen sie an den dem offenen Mittelländischen Meere zugewandten Küsten von Rhodos und Kreta an und streichen gegen einen Ozean hinaus, dessen Boden in unmittelbarer Nähe einige Tausend Fuß unter dem Wasserspiegel liegt; ähnliche Verhältnisse scheinen an der Südküste von Kleinasien zu herrschen. Wo war das südliche Ufer dieser pliocänen Süßwasserseen? Darauf können wir keine andere Antwort geben, als daß nicht nur das Innere des Ägeischen Meeres festes Land war, sondern daß solches auch südlich von Kreta, Rhodos und der heutigen Küste Kleinasiens vorhanden war und wohl in weit späterer Zeit in die Tiefe gesunken ist. Weder in Kleinasien, noch an der Küste von Palästina und Syrien, noch in Nordafrika östlich von Tunis treten an irgend einem Punkte mittelpliocäne Meeresablagerungen auf; also hat das Meer diese Gegenden nicht erreicht. Da aber Marinbildungen dieses Alters auf Cypern auftreten, so müssen

Digitized by Google

wir annehmen, daß sich ein Meeresarm von Westen aus dorthin erstreckte, ohne die heutige afrikanische oder kleinasiatische Küste zu erreichen. Afrika muß also damals bedeutend weiter nach Norden, Kleinasien samt Kreta viel weiter nach Süden gereicht haben als heute; ja, damals gehörten auch Malta und Sizilien noch zu Afrika (vgl. Band I, S. 374).

In einer anderen Gegend sehen wir ähnliche Verhältnisse. Es fällt auf, daß weder an der dalmatinischen Küste noch auf den vorliegenden Inseln, mit Ausnahme der südwestlichsten, irgend eine Spur von pliocänen Meeresablagerungen auftritt, während sie an der gegenüberliegenden Seite in Italien die größte Verbreitung besitzen. Also lag wohl die Ostküste der damaligen Adria viel weiter im Westen als heute, und bedeutende Landmassen sind in die Tiefe gesunken. Diese Vermutung wird durch eine Reihe von anderen Thatsachen gestützt. So finden sich auf einigen dalmatinischen Inseln diluviale Knochenbreccien, aus denen hervorgeht, daß damals dort eine Zahl von Tieren gelebt hat, die auf einer kleinen Insel unmöglich existieren konnten; so hat man auf der Insel Lesina Reste von Rhinozeros, Pferd, Bison und Hirsch getroffen, ja auf dem winzigen Felsriff Silo, dessen Oberfläche nur wenige Quadratmeter groß ist, Reste mehrerer großer Wiederkäuer. Also waren noch zur Diluvialzeit in dieser Gegend größere Festlandsmassen vorhanden. Berücksichtigt man noch, daß sich der isolierte Monte Gargano, der wie ein Sporn an der apulischen Küste vorspringt, in seiner jetzt lebenden Landschneckenfauna auffallend von seiner Umgebung unterscheidet und auf ihm dalmatinische Formen vorkommen, so wird man zu dem Schlusse geführt, daß zur Pliocänzeit ein großer Teil des jetzigen Adriatischen Meeres noch mit Dalmatien zusammenhängendes Festland war, ja daß wahrscheinlich der Gargano noch dazu gehörte, und daß das Meer östlich zwischen diesem und den Apenninen seine Verbindung nach Norden hatte. Ähnliche Verhältnisse scheinen nach Forsyth Major auch in einem Teile des Tyrrhenischen Meeres geherrscht zu haben. Große und tiefgreifende Veränderungen sind demnach in der Verteilung von Wasser und Land seit so junger Zeit im östlichen Mittelmeer vor sich gegangen und gewaltige Landmassen seither in die Tiefe gesunken. Die Karte (Bd. I, S. 374) soll dieses Verhältnis zur Anschauung bringen, wie es hier in flüchtigen Umrissen dargestellt wurde.

Noch weit größer als im mittleren Pliocän ist die Annäherung an die Jetztzeit in dem oberen. In den marinen Ablagerungen dominieren die noch jetzt unverändert fortlebenden Formen über die erloschenen, die südlichen Typen treten mehr und mehr zurück, später stellen sich nordische Gäste ein, und so werden wir allmählich über die Grenze des Tertiärs hinaus zu den diluvialen Bildungen geführt, zu der Eiszeit, dem Mittelpunkt der diluvialen oder quartären Formation. Philippi konnte eine Reihenfolge von Ablagerungen von verschiedenen Lokalitäten vorführen, wo sich die Zahl der ausgestorbenen Arten stetig verminderte; als Ausgangspunkt nahm er eine Schicht mit 83 Prozent jetzt lebender und 17 Prozent ausgestorbener Arten und führte dann andere an, in denen die Zahl der erloschenen Formen der Reihe nach 15, 14, 11, 8, 5, 3, 1,3, 0 Prozent der ganzen Fauna ausmacht.

So sehen wir die Grenze zwischen dem oberen Pliocän und dem Diluvium verschwimmen. Ähnlich verhält es sich, wenn wir die Säugetierreste ins Auge fassen, wie sie uns in den Ablagerungen des oberen Arnothals in Toscana, in den jüngeren Cragbildungen Englands, in den Süßwasserbildungen der Auvergne und sonst entgegentreten. An die Stelle der Mastodonten tritt der älteste Elefant Europas, der riesige Elephas meridionalis. Dazu gesellen sich Flußpferdarten, von denen die eine (Hippopotamus major) mit dem lebenden großen Flußpferde Afrikas nahe verwandt, vielleicht sogar identisch ist, während die andere (Hippopotamus Pentlandi) kleiner bleibt. Ferner sind Rinder, Hirsche, Pferde, Nas-

Digitized by Google

hörner, Bären, Hunde, Katzen ꝛc. vorhanden, die alle mit den jetzt lebenden Arten nicht ganz übereinstimmen. In manchen Bildungen mischt sich diese Fauna mit der des mittleren Pliocäns, wie das im roten Crag von England der Fall ist. Anderseits aber finden sich gerade die beiden bezeichnendsten Arten des oberen Pliocäns: Elephas meridionalis und Hippopotamus major, nach obenhin auch in den ältesten Ablagerungen der Diluvialzeit.

Die wichtigsten Marinbildungen des oberen Pliocäns sind die Englands und der Mittelmeerländer. Im südlichen England haben wir schon früher die mit dem Namen Crag bezeichneten Strandbildungen kennen gelernt: der weiße oder Coralline Crag stellt das mittlere, der rote Crag und der Crag von Norwich das obere Pliocän dar. Obwohl der rote Crag älter als der Crag von Norwich ist, ist in beiden die Zahl der noch lebenden Arten außerordentlich groß und soll nach den neuesten Untersuchungen in beiden mehr als 90 Prozent der Mollusken betragen. Einige Beziehungen lassen uns eine allmähliche Änderung des Klimas und eine fortschreitende Abkühlung erkennen. Im weißen Crag finden sich 28 Arten, die heute in südlicheren Meeren leben, und nur eine, die in nördlicheren Meeren lebt; im roten Crag ist die Zahl jener 19, dieser 11, während im Crag von Norwich 15 Arten aus nördlicheren, keine aus südlicheren Gegenden auftreten. So sehen wir in der letzten Fauna das Heranrücken der Eiszeit schon angekündigt, aber es sind doch nur die ersten Anzeichen. Der Hauptsache nach stimmen die Konchylien mit denen überein, die noch heute die englischen Meere bevölkern; die nördlichen Formen, bedeutend in der Minderzahl, sind keine hochnordischen Typen. Anders die erheblich jüngeren Thone der Pleistocänzeit, die ebenfalls in England vorkommen: hier tritt eine Bevölkerung ohne nennenswerten Unterschied auf, wie sie heute den hohen Norden bevölkert.

Verbreitet sind in den Mittelmeerländern die jungpliocänen Meeresbildungen. Valle Biaja in Toscana, der Monte Mario bei Rom, die Umgebung von Palermo, Kos, Rhodos, Cypern liefern die bekanntesten Typen; auch die Ablagerungen von Tarent und vom Isthmus von Korinth (Kalamaki) gehören hierher. Massenhaft finden sich Konchylien in diesen Bildungen, die sich an manchen Punkten bis gegen 200 m über den Meeresspiegel erheben, und in denen die Zahl der ausgestorbenen Arten ungefähr 20 Prozent beträgt.

Auch hier im geschlossenen Becken des Mittelmeeres machen sich bei der Meeresfauna die Spuren der Eiszeit geltend, natürlich weit schwächer als in England. In manchen Ablagerungen findet sich nur eine oder die andere nordische Art. Namentlich ist die große Muschel Cyprina islandica, die heute ausschließlich den nordischen Gewässern angehört, ziemlich verbreitet; ja, sie kommt an einzelnen Punkten mit Formen zusammen vor, die heute am Senegal oder an den Kapverdischen Inseln leben. Dadurch und durch die im allgemeinen weit schwächere Entwickelung der Erscheinung wird es schwer, eine Grenze zwischen pliocänen und pleistocänen Meeresbildungen zu ziehen. Weitaus die fossilreichsten unter diesen jungen Meeresablagerungen sind nach dem heutigen Stande unserer Kenntnis die der Umgebung von Palermo, aus denen Monterosato 504 Arten aufzählt, wovon 97 heute nicht mehr im Mittelländischen Meere leben. Unter diesen 97 sind 66 ausgestorben, 31 kommen noch im Atlantischen Ozean vor, und unter diesen finden sich einige nordischen Charakters, wie Saxicava arctica, Mya truncata, Cyprina islandica, Panopaea norvegica, Trichotropis borealis, Buccinum undatum ꝛc. Da hier die nordischen Gäste meist in der obersten Schicht beisammenliegen, können wir hier eine gesonderte Vertretung der Eiszeit erkennen; und aller Wahrscheinlichkeit nach wird es sich auch an anderen Punkten, deren Lagerung noch nicht näher untersucht ist, ähnlich verhalten.

Auch im oberen Pliocän ist für das Mittelmeer die Verteilung von Wasser und Land noch wesentlich anders als heute. Das südliche Spanien, Malta und Sizilien gehören zu Afrika, die Verbindung zwischen westlichem und östlichem Mittelmeer fand nördlich von Sizilien statt,

Digitized by Google

der östliche Teil der Adria war Festland, und auch weiter im Osten hat das Meer zwar an Umfang gewonnen, aber bei weitem noch nicht seine heutige Ausdehnung erreicht. Es ist in den südlichen Teil des Ägeischen Meeres eingedrungen, wo wir seine Ablagerungen auf Kos und Rhodos finden. Aber nördlich von der Inselkette der Kykladen, die von Attika und Euböa schräg über das Meer gegen Kleinasien hinüberstreicht, ist noch keine Spur nachgewiesen worden; der nördliche Teil des Archipels ist offenbar erst später in die Tiefe gegangen, und die Kykladen bildeten damals ein Küstengebirge, an dem sich die Wogen des Meeres brachen. Auch in der syrischen und namentlich in der ägyptischen Region ist es noch nicht bis an seine heutige Grenze vorgedrungen. Es wurde oben hervorgehoben, daß die Fauna des Mittelländischen Meeres und ebenso die der miocänen und pliocänen Ablagerungen in dessen Gebiet keine Ähnlichkeit mit der des Roten Meeres zeigen, dessen Tiere ganz den Charakter der Bevölkerung des Indischen Ozeans an sich tragen. Für das Miocän kann das nicht auffallen. Damals existierte das tiefe Becken des Roten Meeres noch nicht, ein weites Festland lag zwischen dem Mittelmeer und dem Atlantischen Ozean. Anders aber im Pliocän. Im Verlauf dieses Abschnittes entstand die riesige Grabenversenkung des Roten Meeres, Wasser trat von Süden herein, und dieses bevölkerte sich mit reichen Mengen von Mollusken, Echinodermen, Korallen ꝛc. Nun treten zu beiden Seiten des Roten Meeres junge, wahrscheinlich oberpliocäne Ablagerungen mit zahlreichen Fossilresten auf, die bis zu einer bedeutenden Höhe über den heutigen Wasserspiegel emporragen: bei Suez selbst wurde eine alte Strandlinie des Roten Meeres in etwa 60 m Höhe nachgewiesen, weiter im Süden hat man junge Korallenkalke bis zu etwa 300 m an den das Meer einsäumenden Höhen verfolgt. Auch im Nilthal sind pliocäne Ablagerungen in der Nähe von Kairo 64 m ü. M. dicht bei den Pyramiden, von denen Beyrich zuerst gezeigt hat, daß sie Arten des Roten Meeres enthalten; die berühmte Sphinx von Gizeh ist aus einem isolierten Riffe dieses Gesteins herausgemeißelt (s. Abbildung, Bd. I, S. 581).

Da sich der Isthmus von Suez heute an der höchsten Stelle 18 m ü. M. erhebt, überdies der Hauptsache nach aus ganz jungen, diluvialen Anschwemmungen besteht, war er für die Trennung der beiden Meere bei einem Wasserstande von 64 m ohne jede Bedeutung. Es hätte sich daher eine ausgiebige Mischung der beiden Faunen vollziehen müssen, wenn nicht ein anderes Hindernis gewesen wäre, das nur in einem höheren Lande nördlich von Suez und Kairo bestanden haben kann. Für kurze Zeit, etwa zu Beginn des oberen Pliocäns, scheint das Meer diese Schranken überschritten und eine beschränkte Verbindung zwischen den beiden Ozeanen stattgefunden zu haben, wie aus dem Vorkommen weniger Mittelmeerarten in den sehr jungen Meeresbildungen bei Suez hervorgeht sowie aus dem einer pliocänen Meeresablagerung bei Kairo, in der Mayer-Eymar ein Gemenge von Arten des Mittelländischen und des Roten Meeres nachgewiesen hat. Auch in der heutigen Fauna des Roten Meeres lassen sich noch einzelne Spuren dieser zeitweiligen Kommunikation in einigen Formen erkennen, die solchen des Mittelmeeres wenigstens nahe verwandt sind. Wie sich der Isthmus von Suez nach der Absenkung des nördlich vorliegenden Landes gebildet haben mag, ist noch nicht sicher festgestellt: hier war wohl das Meer außerordentlich seicht, indem anstehende Miocänablagerungen fast bis zum Meeresspiegel emporragten. Der nördliche Teil der Landenge besteht aus jungen Sedimenten des Mittelmeeres, der südliche aus solchen des Roten Meeres, die Mitte aber wird von Flußanschwemmungen mit Muscheln eingenommen, wie sie heute im Nil leben. Also muß sich ein Arm des Nils hierher gewendet und Anschwemmungen erzeugt haben, offenbar zu einer Zeit, als das Meer einige Meter höher stand als heute. Als es sich dann auf seinen heutigen Stand zurückzog, bildeten die jüngsten Alluvionen des Flusses und der beiden Meere die schmale und niedere Landenge; heute ist diese wieder von dem Schiffahrtskanal durchschnitten, und schon lassen sich die ersten Anfänge einer Wanderung

Digitized by Google

einzelner Strandmuscheln diesem dünnen Wasserfaden entlang aus dem Gebiet des einen Ozeans in das des anderen nachweisen.

So sehen wir im östlichen Mittelmeergebiet vom Nordende der Adria bis Ägypten und von Malta bis zum Schwarzen Meer zu Ende der Pliocänzeit noch gewaltige Abweichungen von der heutigen Verteilung von Wasser und Land, und erst im Laufe der Diluvialzeit tritt infolge der sich fortsetzenden allmählichen Einbrüche der heutige Zustand ein. Innerhalb der uns naheliegenden Gebiete lassen sich nur noch an einzelnen Stellen im westlichen Mittelmeer ähnliche Vorgänge nachweisen, z. B. die Abtrennung Gibraltars von Afrika; sonst aber kann in Europa und den uns naheliegenden Teilen von Afrika und Asien keine derartige Veränderung in so junger Zeit angenommen werden. Es wäre jedoch sehr sonderbar, wenn das Mittelmeergebiet in dieser Beziehung auf der ganze Erde einzig dastünde. In der That ist wahrscheinlich auch anderwärts Ähnliches noch in sehr junger Zeit vor sich gegangen. Die Gegenden im Mittelmeer, im Archipel und in der Umgebung des Schwarzen Meeres, wo die großen Veränderungen in junger Zeit stattgefunden haben, sind vor dem ganzen übrigen Europa durch thätige Vulkane und furchtbare Erdbeben ausgezeichnet. Es liegt nahe, zu vermuten, daß in manchen der außereuropäischen Gegenden, die durch Häufigkeit ähnlicher Erscheinungen hervorragen, auch in jüngster Zeit große Einbrüche stattgefunden haben oder noch im Gange sind. Vor allem gilt das von jener Zone furchtbarster vulkanischer Thätigkeit, die sich, mit Sumatra beginnend, durch die Sundainseln und die Ketten der ostasiatischen Festoninseln bis nach Kamtschatka und von da durch die Aleuten bis nach dem nordwestlichen Amerika fortsetzt (vgl. Bd. I, S. 375). Dasselbe gilt von einem zweiten Gebiet, wo dieselbe reihenförmige Anordnung von Inseln vor einem Innenmeer stattfindet: Westindien. Wir haben diese mehr oder weniger elliptischen Meeresbecken, die auf der einen Seite von festem Lande, auf der anderen von einer Kette teilweise vulkanischer Inseln umschlossen sind, schon früher als jugendliche Kesselbrüche bezeichnet; und wahrscheinlich haben sich manche davon erst in jungpliocäner oder diluvialer Zeit gebildet. In der That ist die Ähnlichkeit der beiden Becken des Ägeischen Meeres mit jenen groß. Natürlich müssen für jene Thatsachen alle Einzelheiten erst durch genaue Studien an Ort und Stelle festgestellt werden. Aber schon heute liegen Beobachtungen vor, die entschieden dafür sprechen und eine andere Erklärung als durch sehr junge Einbrüche kaum gestatten. Dahin gehört das Auftreten einer jungen Elefantenfauna auf Japan und den Philippinen; und das Vorkommen großer megalonyxartiger Edentaten in den jungen Ablagerungen der Insel Cuba weist wenigstens auf eine im jüngeren Tertiär vorhandene Verbindung mit dem Festlande hin. Auch die tertiären Süßwasserbildungen auf der westindischen Insel Anguilla, die wie die von Rhodos und Kreta gegen das Meer hinausstreichen und da abbrechen, weisen auf derartige Vorgänge hin; auf derselben Insel finden sich auch in geologisch jungen Ablagerungen Reste einer ausgestorbenen Säugetierfauna (von Hirschen und gewaltig großen Nagetieren). Noch auffallender aber ist das Auftreten einer ganz jungen fossilen Säugetierfauna, darunter eines Mastodons, auf den verhältnismäßig kleinen Bahamainseln, und wir dürfen daraus sicher schließen, daß hier in einer geologisch kurz vergangenen Zeit ausgedehntes Festland war, das heute verschwunden ist.

Jungtertiäre Ablagerungen außerhalb Europas.

So eifrig die miocänen und pliocänen Ablagerungen Europas und einiger nahe angrenzender Gebiete untersucht worden sind, so spärlich ist verhältnismäßig, was wir über die gleichalterigen Bildungen anderer Erdteile wissen. Aus diesen haben wir in der Regel weit eingehendere

Digitized by Google

Nachrichten über die Entwickelung der alten Formationen als über die des jüngeren Tertiärs, obwohl gerade die genaue Kenntnis dieser für das Verständnis der heutigen Zustände von größter Wichtigkeit ist. Zum Ausgangspunkt für einen raschen Überblick über die exotischen Vorkommnisse wählen wir die mächtigen und an Säugetierresten reichen Binnenablagerungen Indiens. Am südlichen Fuße des Himalaya zieht sich in ungeheurer Längserstreckung vom Pandschab bis weithin nach Osten, nach Assam, ein wenig unterbrochener Zug ziemlich niedriger Vorhöhen, die von der hohen Gebirgskette durch die flache Thaleinsenkung des Dun getrennt sind. Diese Sivalikhügel bestehen aus mächtigen Sandsteinen und Thonen, die stellenweise massenhafte Säugetierreste enthalten. Der Name Sivalikbildungen wird häufig auch auf ähnliche Vorkommnisse ausgedehnt, die in anderen Teilen Indiens, namentlich in Sind, ferner auf der Insel Perim im Golf von Cambay (südöstlich von der Indusmündung) und an anderen Orten, auftreten.

Die reiche Säugetierfauna dieser Sivalikschichten enthält eine große Zahl von Formen, die in Europa ganz ähnlich oder nahe verwandt, ja selbst in völlig identischen Arten wiederkehren, daneben aber auch eine Reihe eigentümlicher Typen, so die früher erwähnten gewaltigen Wiederkäuer Sivatherium, Bramatherium, Vishnutherium und Hydaspitherium, und einige andere (vgl. S. 354). Wichtig sind ferner die zahlreichen Rüsseltiere: Dinotherium, Mastodon, Elefanten und Zwischenformen zwischen den beiden letzten (Stegodon). Von Unpaarhufern sind zahlreiche Rhinozerosarten, darunter ein ungehörntes Aceratherium, ferner Chalicotherium und aus der Pferdereihe Hippotherien und echte Pferde zu nennen. In Menge gibt es Paarhufer, zahlreiche Rinder, Antilopen und Hirsche, ferner ein Kamel und einige Giraffen, dazu Schweine, Flußpferde und ein Hyotherium. Außerdem fallen zwei Typen aus der die Wiederkäuer mit den Schweinen verbindenden Gruppe der Hyopotamiden auf: Hyopotamus und Anthracotherium, Formen von verhältnismäßig altertümlichem Gepräge. Die Raubtiere sind ziemlich selten. Doch kennt man verschiedene Katzen, Hyänen, Bären, Hunde, Dachse und Fischottern, und von ausgestorbenen Gattungen die früher erwähnten Gattungen Amphicyon, Hyaenarctos und Ictitherium. Von Affen sind Schlankaffen, Makaken und ein dem Schimpansen verwandter Anthropoide: Palaeopithecus sivalensis, bekannt, dessen wir schon S. 335 gedacht haben. Einige wenige Nager beschließen die Reihe der Säugetiere. Außerdem sind ein paar Vögel (ein Strauß) und Reptile vorhanden, unter diesen eine ungeheure Landschildkröte mit etwa 4 m langem Panzer (Colossochelys Atlas).

Diese Tiergesellschaft besteht offenbar aus ungleichalterigen Elementen: zwei Gattungen, Hyopotamus und Anthracotherium, sind in Europa für das untere Tertiär charakteristisch und würden etwa auf oberoligocänes Alter deuten. Eine weit größere Zahl von Sippen kommt im europäischen Miocän vor, doch finden sich unter ihnen nur drei, die nicht auch in jüngeren Ablagerungen vorkommen: Amphicyon, Listriodon und Hyotherium. In großer Menge sind dann Formen des unteren Pliocäns, in größter solche des mittleren und oberen Pliocäns vertreten. Natürlich verhalten sich die einzelnen Gattungen in ihrer geologischen Verbreitung in Indien nicht genau so wie in Europa, manche von ihnen können dort früher erscheinen oder sich in dem wärmeren Klima Indiens länger erhalten. Trotzdem ist es unwahrscheinlich, daß alle Tiere der Sivalikbildungen gleichzeitig gelebt haben. Demgemäß nimmt man jetzt an, daß diese Ablagerungen das Miocän und Pliocän, ja vielleicht auch noch das älteste Diluvium umfassen. In der That hat man auch schon entschiedene Anzeichen, daß eine Gliederung in verschiedene Niveaus stattfinde: Anthracotherium, Hyopotamus, Dorcatherium, Hyotherium, Amphicyon, geologisch ältere Formen, sind teils ganz auf die sogenannte Manchargruppe beschränkt, teils haben sie hier wenigstens ihre Hauptverbreitung, und auch in den eigentlichen Sivalikbildungen deutet manches auf das Vorhandensein mehrerer Säugetierhorizonte hin.

Digitized by Google

Jedenfalls ist noch das ganze Pliocän in diesen Süßwasserschichten vertreten, eine Thatsache von außerordentlicher Bedeutung, da diese noch von der Aufrichtung des Himalaya energisch mit ergriffen sind. Ja, in Tibet im Thale des oberen Satledsch, in Hundes, finden sie sich stark aufgerichtet in einer Meereshöhe von 4000—5000 m; hier sind also seit Ende der Tertiärzeit solche Aufstauungen der Schichten eingetreten, die diese jungen Bildungen etwa zur Höhe des Montblanc emporbrachten. Auffallend ist aber diese Hundesregion noch deswegen, weil sich über den aufgerichteten Schichtköpfen des Tertiärs noch mächtige vollkommen horizontale Diluvialbildungen finden, die wieder Säugetierreste enthalten, und zwar solche von Hyäne, Rhinozeros, Pferd, Schaf, Ziege, Rind und Pantholops, einer Antilopengattung, die auch jetzt nur in den tibetanischen Hochregionen in einer der fossilen nahe stehenden Form vorkommt. Diese Funde erregten zur Zeit ihrer Entdeckung im ersten Viertel unseres Jahrhunderts außerordentliches Aufsehen. Man nahm an, daß eine solche Fauna in dieser gewaltigen Höhe nicht habe existieren können, und daß diese Ablagerungen seit ihrer Entstehung um fast 5000 m senkrecht gehoben worden seien, ohne daß eine Störung der Lagerung stattfand. Diese lange gehegte Ansicht ist nach den Untersuchungen von Lydekker nicht mehr haltbar. Alle die Säugetiere der horizontalen Ablagerungen von Hundes leben mit Ausnahme von Rhinozeros und Hyäne noch jetzt ebendort, und in derselben Gegend ist trotz der gewaltigen Höhe von fast 5000 m heute Getreidebau möglich. Da die horizontal gelagerten Diluvialablagerungen von Hundes durch Moränen aus der Eiszeit bedeckt werden, so müssen sie dem ältesten Teile der diluvialen Periode zugeschrieben werden, dem wir etwas wärmeres und feuchteres Klima als heute zuschreiben dürfen, da das Vorhandensein eines großen Sees in dieser Region auf bedeutende Wassermengen hinweist. Unter diesen Umständen erscheint auch das Vorkommen eines Rhinozeros in dieser Höhe nicht unerklärlich, da ja Nashörner in der Diluvialzeit selbst im nördlichen Sibirien existierten und deren Reste im dortigen Eisboden mit allen ihren Weichteilen eingefroren waren. Manche Säugetierformen der Sivalikbildungen haben sich auch auf Java, in China und Japan gefunden. Doch ist es hier nicht immer leicht, zu entscheiden, was dem Pliocän, was dem Diluvium angehört.

Reichlicher als in Vorderindien treten weiter im Osten jungtertiäre Meeresbildungen auf, von denen namentlich die der Insel Java näher untersucht worden sind. Sie enthalten eine reiche Fauna von Konchylien, See-Igeln und Foraminiferen, die sich in jeder Beziehung an die jetzige Bevölkerung des Indischen Ozeans anschließt und zu dieser in der Zahl der gemeinsamen Arten in einem ähnlichen Verhältnis zu stehen scheint wie die des italienischen Mittelpliocäns (der Schichten von Asti) zu der des Mittelländischen Meeres; doch war eine sichere Altersbestimmung der einzelnen Abteilungen des javanischen Tertiärs noch nicht möglich. Weiterhin finden sich auf den Philippinen Korallenbildungen von wahrscheinlich jungtertiärem Alter, und solche dürften auch auf den anderen Inseln des südöstlichen Asien vorhanden sein. Japan hat, abgesehen von den schon früher erwähnten pflanzenführenden Schichten, andere noch nicht näher bekannte jungtertiäre Ablagerungen aufzuweisen, die eine Marinfauna führen. Die jungtertiären Meeresbildungen in Australien und Neuseeland enthalten eine Fauna, die mit der jetzt lebenden der umgebenden Teile des Pazifischen Ozeans viele Verwandtschaft zeigt.

Etwas weichen davon die Verhältnisse an der Westküste von Südamerika ab. Man kennt namentlich von verschiedenen Punkten Chiles Marinablagerungen, deren ziemlich zahlreiche Konchylienfauna schon früher, namentlich aber von Philippi untersucht worden ist. Nach den Listen der vorhandenen Fossile wird man mehrere Abteilungen unterscheiden dürfen, von denen die eine alttertiär, vermutlich oligocän, die andere miocän zu sein scheint. Ein großer Teil der Fauna ist nahe verwandt mit der, die heute an der südamerikanischen Westküste lebt. Dazu gesellen sich einige atlantische Formen, die mit denen der Tertiärablagerungen der Argentinischen

Digitized by Google

Republik und Patagoniens übereinstimmen. Die Isolierung der atlantischen und pazifischen Fauna war also damals wohl nicht so vollständig wie heute, wo eine Wanderung von Bewohnern der nördlicheren, wärmeren Region um die Südspitze Amerikas, vermutlich infolge der dortigen niedrigeren Temperatur, nicht möglich ist. Noch auffallender ist das Auftreten einiger Arten von mediterranem Gepräge, die vermutlich an der Küste des Nordamerika mit Europa verbindenden Festlandes nach Westen gewandert sind.

Wie unter diesen Umständen zu erwarten war, treten auch auf den westindischen Inseln miocäne Meeresbildungen auf, deren fossilreiche Ablagerungen denen Südeuropas nahe verwandt sind, und unter denen sich auch wie in Europa zwei aufeinander folgende Abteilungen, ein unteres und ein oberes Miocän, unterscheiden lassen. Weithin sind diese Bildungen auf den Antillen und auf den Bahamainseln verbreitet; sie setzen sich nach dem Nordrande des Golfes von Florida, nach Georgia, Carolina, Virginia, Maryland und weiter bis fast zum 42. Breitengrad fort. In dieser Region lassen sich die miocänen Ablagerungen in verschiedene Horizonte einteilen, die offenbar die ganze Stufe vertreten. An den Rändern des Golfes von Mexiko aber findet sich nur das allertiefste Miocän in mariner Ausbildung; dann folgen die Grand-Gulf-Schichten, Binnenablagerungen, die bisher nur Reste einer Schildkröte und einiger Landpflanzen geliefert haben. Wir sehen also, daß in dieser Region sehr bald nach Beginn des Miocäns das Meer zurückweicht und das Binnenland vorschreitet, ein Vorgang, der zu einer vollständigen Verbindung zwischen Nord- und Südamerika geführt hat. Doch scheint diese nur von sehr kurzer Dauer gewesen zu sein, da ein irgend nennenswerter Austausch von Säugetieren zwischen Norden und Süden nicht stattgefunden hat. Offenbar wurde die Antillenkette bald wieder durchbrochen, und erst in weit späterer Zeit, auf der Grenze zwischen tertiärer und diluvialer Periode, entstand ein länger dauernder Zusammenhang. Nun gelangte ein mächtiger Strom von verschiedenartigen Tierformen von einem Kontinent nach dem anderen.

Auch pliocäne Meeresablagerungen finden sich an der nordamerikanischen Ostküste, die Sumterschichten in Nord- und Südcarolina, deren Fauna zu der der heutigen nordwestatlantischen Meeresregion in ähnlichem Verhältnis steht wie die des europäischen Pliocäns zu den lebenden Mittelmeertypen. Von größerer Bedeutung als diese marinen Vorkommnisse sind die im Zentrum der Vereinigten Staaten auftretenden jungtertiären Säugetierschichten. Wir haben schon früher jene weit ausgebreiteten Seen der Eocän- und Oligocänzeit kennen gelernt, wo Massen von Sedimenten abgelagert wurden. Ferner haben wir gesehen, daß eine weitgehende Übereinstimmung unter den alttertiären Säugetierfaunen Nordamerikas und Europas besteht. Schon im Oligocän bahnt sich eine Sonderung an, die zu der Annahme führt, daß damals die Wanderung der Säugetiere zwischen Nordamerika und Europa schon erschwert war; noch größere Unterschiede machen sich im Miocän bemerkbar. Deshalb lassen sich auch die einzelnen jungtertiären Säugetierfaunen Nordamerikas nicht mehr so streng neben die europäischen stellen wie die eocänen. In den 40—60 m mächtigen White-River-Beds, die ausgedehnte Flächen in Nord-Nebraska, Dakota, Colorado, Wyoming einnehmen, erscheinen mehrere Formen, die wahrscheinlich aus Europa eingewandert sind: Aceratherium, Ancodus, Elotherium, Hyaenodon und Steneofiber, eine Nagetiergattung aus der Familie der Biber. Die gewaltigen Amblypoden und die merkwürdigen Tillodontia sind erloschen, die Creodonten auf Hyaenodon beschränkt. Unter den Unpaarhufern sind die riesigen Titanotheriden reich entwickelt; sie schließen sich offenbar an die eocänen Paläopsinen an. Auch unter den übrigen Unpaarhufern wie unter den Paarhufern gibt es viele, die mit obereocänen eng verbunden sind.

Die nächstjüngere John-Day-Fauna Nordamerikas stammt aus dem äußersten Westen, den Staaten Oregon, Nevada und Washington. Nach der Leitform Anchitherium kann man

Digitized by Google

die John-Day-Fauna der europäischen Anchitherien-Fauna ungefähr gleichstellen. Dazu gesellen sich als weitere europäische Typen Rhinozeros und Aceratherium, das Raubtier Galecynus und die Nagetiere Steneofiber, Lepus (Hase) und Sciurus (Eichhörnchen). Den ältesten geweihtragenden Huftieren Europas (Dicroceras) ist in Nordamerika Blastomeryx an die Seite zu stellen, den Chalicotherien und Macrotherien entspricht in Nordamerika die Gattung Moropus, und so fehlt es nicht an übereinstimmenden Zügen, wenn auch die Entwickelung der Faunen im allgemeinen wesentlich selbständig war. In Nordamerika prägt sich dies namentlich in der reichen Entfaltung der Oreodontiden aus, die, früher falsch mit den Kameliden in Verbindung gebracht, in Wirklichkeit einen selbständigen, unfruchtbaren Seitenzweig der Paarhufer bilden. Diese sonderbaren Oreodontiden sind auch in der nächstjüngeren Fauna der Deep-River- und Ticholeptus-Beds vorhanden, und zwar in zahlreichen, aber kleinen und krüppelhaften Formen, wie sie sich in aussterbenden Gruppen einstellen. Anchitherium und Blastomeryx erhalten sich auch in dieser Fauna, in der dagegen Mastodon das moderne Element vertritt. Die Schwierigkeit der Parallelisierung mit Europa macht sich bei der folgenden Fauna der Loup-Fork-Gruppe wieder lebhaft fühlbar. Obwohl dieser eine Reihe von Gattungen (Equus, Hipparion, Mastodon, Canis, Mustela und Lutra) mit Europa, Camelus mit Südasien gemeinsam ist, hat doch die Spezialisierung weitere Fortschritte gemacht.

Eine gewaltige Veränderung tritt dann in der letzten Phase der Tertiärzeit oder unmittelbar vor dem Beginn der Diluvialperiode ein: die nördliche und südliche Hälfte Amerikas wachsen durch eine Landbrücke, die wahrscheinlich breiter war als der heutige Isthmus von Panama, zu einem Kontinent zusammen, in breitem Strome ergießen sich die Säugetiere Südamerikas nach Norden, die Nordamerikas nach Süden, und so vollzieht sich eine der merkwürdigsten Faunenmischungen, die die Erdgeschichte aufzuweisen hat. Edentaten verließen ihren uralten Nährboden und siedelten sich in mehreren Gattungen (Megalonyx, Mylodon, Glyptodon, Chlamydotherium) in Nordamerika an, sie wurden von einigen anderen spezifisch südamerikanischen Formen begleitet, wie den sonderbaren Toxodonten und dem Wasserschwein (Hydrochoerus). Die Reste dieser Formen finden sich vermischt mit zahlreichen modernen nordamerikanischen Typen in den Equus-Beds im Westen und Südwesten der Vereinigten Staaten, in Mexiko und Zentralamerika, ferner in den Megalonyx-Beds im Osten Nordamerikas und auf Cuba. Nur ist leider die Grenze zwischen Pliocän und Diluvium hier so verwischt, daß es bis jetzt nicht möglich ist, den tertiären von dem diluvialen Anteil dieser höchst merkwürdigen Fauna zu trennen.

Ähnliche stratigraphische Schwierigkeiten bestehen in noch größerem Maße bei den tertiären Binnenbildungen Südamerikas. Die Fauna der berühmten Pampasthone enthält neben einheimischen Riesenformen die aus dem Norden eingedrungenen Fremdlinge, wie in erster Linie das Pferd, Mastodon, Machairodus und andere Gattungen von Raubtieren und viele kleine Nagetiere. Zwischen den Pampasthonen und den Schichten von Santa Cruz, deren Fauna wir oben besprochen haben (vgl. S. 377), liegt die patagonische und araukanische Formation, beide von derselben Entstehung wie der Pampaslöß, beide reich an Säugetierresten. Welches geologische Alter man der patagonischen Fauna zuschreibt, hängt natürlich wesentlich von der schwankenden Stellung der Santa-Cruz-Schichten ab. Es ist kaum daran zu zweifeln, daß hier beide Stufen, das Miocän und das Pliocän, vertreten sind, wenn auch die Aufteilung der so außerordentlich reichen Säugetierreste auf einzelne Stufen noch nicht scharf genug durchgeführt ist. Die patagonische Fauna enthält nur Beuteltiere, Edentaten, Toxodontier, Typotherien, Unpaarhufer und Nagetiere von spezifisch südamerikanischem Gepräge und ist unter fortschreitender Differenzierung aus der Santa-Cruz-Fauna hervorgegangen.

Digitized by Google

Rückblick.

Bei der Schilderung der einzelnen Abschnitte des Tertiärs wurden schon die wesentlichsten Änderungen sowohl in den klimatischen Verhältnissen als in der Verteilung von Wasser und Land hervorgehoben. Wir haben gesehen, daß in Europa bis in das Miocän ein heißes Klima herrschte und von da an bis zum Ende der Tertiärs wahrscheinlich die Temperatur allmählich abnahm. In den Polarregionen finden wir in Gegenden, wo jetzt die grimmigste Kälte herrscht und nur die dürftigste Vegetation gedeiht, zur Zeit des Tertiärs eine reiche Vegetation, die auf gemäßigtes Klima deutet: eins der schwierigsten unter allen geologischen Problemen, zu dessen richtiger Beurteilung uns heute noch eine viel zu geringe Zahl von Thatsachen vorliegt.

Eingehenderer Besprechung bedürfen die Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land. Als deren hauptsächlichste Ergebnisse wurden schon früher bezeichnet: die Herausbildung des atlantischen Beckens, sein Abschluß vom Pazifischen Ozean durch eine Landverbindung zwischen Nord- und Südamerika, das Verschwinden des Indien mit Zentralafrika verbindenden Festlandes, die Entstehung des gegen Osten abgeschlossenen Mittelländischen Meeres, des Roten Meeres und wahrscheinlich auch der ostasiatischen Kesselbrüche. Für manche dieser Ereignisse fehlt noch die genauere Zeitbestimmung, vor allem für die Entstehung des atlantischen Beckens. Die ersten ausgedehnten Übergriffe des Meeres begannen zur Zeit des Gault und der oberen Kreide, führten aber noch nicht zu dauernder Umgestaltung. Da noch in alttertiärer Zeit die Meeresfauna Westindiens eine auffallende Ähnlichkeit mit der alpinen hat, müssen wir, wie oben gezeigt wurde, daraus schließen, daß es damals im südatlantischen Gebiet noch mindestens eine Anzahl nicht sehr weit voneinander entfernter Inseln gegeben habe, die die Wanderung der Riffkorallen und der übrigen Fauna ermöglichten. Natürlich dürfen wir uns die Aufhebung dieser Verbindung nicht so vorstellen, daß mit einem Schlage in einem bestimmten Zeitpunkte während der älteren Tertiärzeit das südatlantische Festland verschwunden sei. Wir müssen im Gegenteil annehmen, daß das Absinken dieser Landmasse langsam und in Abschnitten vor sich gegangen sei. Wahrscheinlich blieben lange Zeit hindurch noch bedeutende Inseln als Ruinen des verschwindenden Kontinents übrig: noch heute ragen dessen letzte Trümmer in den Azoren, den Kanarischen und Kapverdischen Inseln sowie in dem mitten im Ozean isolierten Felsen von Saint Paul über den Spiegel des Ozeans hervor. Jedenfalls aber stellt uns der Untergang dieser Atlantis eins der großartigsten Beispiele der Absenkung gewaltiger Landmassen an Bruchlinien dar, eins der gewaltigsten Senkungsfelder, von dem die geologische Geschichte erzählt.

Eine bekannte Sage der alten Griechen berichtet von einer gewaltigen Insel Atlantis, die vor den Säulen des Herkules im Atlantischen Ozean lag, einer Insel so groß wie Libyen und Kleinasien zusammengenommen. Solon hatte von ägyptischen Priestern die Kunde von diesem Land erhalten, das später nie mehr gesehen wurde, und von dem man daher annahm, daß es in der Zwischenzeit im Meere versunken sei. Man hat in unserer Zeit daran gedacht, daß etwa noch in der historischen Periode bedeutende Überbleibsel des südatlantischen Festlandes vorhanden gewesen seien, die den phönikischen Schiffern bekannt wurden und erst später verschwanden. Wir haben jedoch nicht den leisesten Anhaltspunkt für die Hypothese, daß noch während der Existenz des Menschen so bedeutende Umgestaltungen in jenen Regionen stattgefunden haben. Wären in so später Zeit größere Landmassen vorhanden gewesen, deren Überreste die Kanaren, Azoren und Madeira darstellen, so müßten diese Inselgruppen in Fauna und Flora weit mehr Übereinstimmung untereinander zeigen, als thatsächlich der Fall ist. Was den Anlaß zu der Atlantissage gegeben hat, ob etwa phönikische Schiffer die Kanaren besucht hatten und die Inseln, die

Digitized by Google

sie gesehen, in ihren Berichten beliebig vergrößerten, oder ob, wie andere wollen, eine dunkle Kunde von der Existenz Amerikas der Darstellung zu Grunde liegt, können wir hier nicht entscheiden. Keinesfalls aber dürfen wir unsere Zuflucht zu einer kaum 3000—4000 Jahre alten geologischen Veränderung so großen Maßstabes nehmen.

Schwierig ist die Frage nach der Zeit, wann ein nordatlantisches Festland existierte, wann es verschwand. Nur unter der Voraussetzung, daß im Eocän die Landverbindung zwischen Nordamerika und Europa breit und offen war, ist die auffallende Übereinstimmung der Säugetierfaunen hüben und drüben zu erklären. Die beginnende Sonderung der Säugetiere im Oligocän und das Fortschreiten dieser Erscheinung im jüngeren Tertiär weist auf eine Behinderung des freien Verkehrs der Landtiere hin, ohne daß wir in der Lage wären, uns bestimmte Vorstellungen der näheren Umstände zu machen. Daß sich das nordatlantische Festland noch bis in das Miocän hinein erhielt, dafür spricht das Fehlen tertiärer Marinablagerungen in allen nördlicheren Gebieten von Europa und Nordamerika. Ferner beweist die große Verbreitung reicher Lagerstätten von fossilen Pflanzen das Vorhandensein einer bedeutenden Landvegetation, mithin ausgedehnten Festlandes, wo diese gedeihen konnte. Mit mächtigen Basaltmassen vergesellschaftet treten die Pflanzenschichten und Braunkohlen von mutmaßlich miocänem oder oligocänem Alter auf den Färöern und auf Island auf, unter Verhältnissen, die deutlich zeigen, daß wir es nur mit den schwachen Überresten einer früher weit ausgebreiteten Ablagerung zu thun haben. In derselben Weise finden sich die Pflanzenschichten von Basalt überzogen in Grönland; sie kehren aber auch im nördlichen Irland, in der Grafschaft Antrim, und auf den Hebriden wieder. Wahrscheinlich stellen all diese Punkte die Überbleibsel einer ursprünglich zusammenhängenden Tafel dar, die etwa zur Miocänzeit zertrümmert wurde.

Mit dem Verschwinden des nordatlantischen und des südatlantischen Festlandes war das große offene Meeresbecken geschaffen, das heute Amerika von Europa und Afrika trennt. Allein noch fehlt ein wesentlicher Punkt in dem heutigen Charakter des Atlantischen Ozeans, der seine zoogeographische Eigentümlichkeit wesentlich bedingt: seine Abgeschlossenheit in der tropischen, nördlich gemäßigten und dem größten Teile der südlichen gemäßigten Zone. In der Miocänzeit bildete sich (vgl. S. 412) zwischen dem nördlichen und dem südlichen Festland Amerikas eine großenteils gebirgige Landverbindung, deren Reste wir heute noch in der Kette der Antillen vor uns haben. Das Antillenfestland wurde bald wieder zerrissen, und erst auf der Grenze zwischen der tertiären und der diluvialen Zeit stellt sich die länger dauernde Verbindung her, wie sie noch heute besteht. Zahlreiche Edentaten wandern nach Norden, Mastodonten, Pferde, Tapire, Pekkari, Lama 2c. nach Süden. Daß diese Verbindung und besonders das letzte Glied der Kette, der aus vulkanischen Tuffen bestehende Isthmus von Panama, so jugendlich ist, geht einerseits aus den Verhältnissen der Säugetierfauna hervor, anderseits aus der Beschaffenheit der Meerestiere des Karibischen Meeres, von denen viele solchen des Stillen Ozeans nahe verwandt sind.

Wahrscheinlich etwas früher als die Abschließung des Atlantischen Ozeans gegen den Pazifischen fand die gegen den Indischen Ozean statt. Jener breite Kanal, der bis dahin in ostwestlicher Richtung existiert hatte, wurde zu Beginn des Miocäns in seinem östlichen Teil trocken gelegt; der westliche Teil wurde zu einem Binnenmeer, das mit dem Atlantischen Ozean in Verbindung steht. Mit dem Mittelländischen Meer im heutigen Sinne ist einer der wichtigsten Charakterzüge in der geographischen Gestaltung des westlichen Teiles der Alten Welt gegeben. Allerdings war dieses Mittelländische Meer des älteren Miocäns erheblich größer als das heutige, da es noch in einer breiteren oder schmäleren Zone den nördlichen Fuß der Alpen und Karpathen umfaßte und sich im Osten bis nach Persien erstreckte; erst allmählich wurde sein Umfang geringer. Jedoch fand nicht etwa eine gleichmäßig fortschreitende Abnahme des Areals statt,

Digitized by Google

sondern die Umgestaltung geschah unregelmäßig mit bedeutenden Schwankungen. Im allgemeinen läßt sich der Vorgang so ausdrücken, daß im Verlaufe des Miocäns und namentlich während seiner letzten Phase eine stete Einengung des Mittelmeeres vor sich ging, so daß es im unteren Pliocän seine geringste Ausdehnung erreicht. Seit der pontischen Stufe, wo es auf ein Minimum eingeschrumpft ist, ist es durch stets sich erneuernde Einbrüche wieder im Wachsen begriffen. Das Adriatische Meer wurde seither bedeutend erweitert, eine vermutlich im Tyrrhenischen Meer vorhandene große Insel zertrümmert, ein breiter Streifen Land an der Nordküste von Afrika verschwand, das Meer erreichte die syrische Region, und das Ägeische und das Schwarze Meer gliederten sich als neugebildete Becken dem Mittelmeer an. Ja, während einer kurzen Zeit, im Verlaufe des Pliocäns, wurde sogar die Verbindung mit dem Indischen Ozean wiederhergestellt, indem das Mittelländische Meer zeitweilig mit dem neuentstandenen Roten Meer zusammenhing.

Seit früher Zeit sehen wir im Mittelmeer und seiner Umgebung den Schauplatz überaus tief greifender geologischer Veränderungen, der Wechselwirkung der Aufrichtung mächtiger Gebirgsketten und der Versenkung mächtiger Schollen der Oberfläche. Vergleichen wir z. B. die Verbreitung des Meeres zur Zeit des unteren Miocäns mit der zu Beginn des Jura, so finden wir manche Ähnlichkeit. Der Kaukasus bildet den östlichsten bekannten Punkt des Vorkommens von marinem Lias, im Süden reichte das Meer bis an die nordafrikanische Wüstentafel, und der Nordrand der Karpathen bildete annähernd das Norduser des Meeres. Waren auch im Nordwesten die Verhältnisse zur Liaszeit wesentlich anders, so finden wir doch im übrigen Analogien in der Umgrenzung des Mittelmeeres zwischen Lias und Miocän. Dazwischen aber liegt die Zeit des mittleren und oberen Jura, der Kreide und des unteren Tertiärs, während deren eine breite Meeresstraße bis zum Golf von Bengalen reichte. Mit Verwunderung sehen wir nach ungezählten Jahrmillionen eine Konfiguration wiederkehren, die endgültig verschwunden schien, und mit Recht wird man daran zweifeln, daß der heutige Zustand bleibend sei. Wenn irgendwo in unseren Gegenden, dürfen wir im Mittelmeergebiet für die kommenden geologischen Zeiträume tiefgreifende Veränderungen erwarten. Werden sie zu einer Einengung des Beckens führen? Wird die alte Verbindung mit dem Indischen Ozean wieder eröffnet werden?

Im Atlantischen Ozean dagegen treten uns nirgends Spuren so starker Schwankungen entgegen. Nur in der Antillenregion haben wir Anzeichen einer ähnlich verwickelten Bildungsgeschichte, wie sie im Mittelmeer vorliegt; und wenn wir den Bau Westindiens ins Auge fassen, so wird auch sofort klar, worauf dieses Verhältnis beruht. Hier wie im Mittelmeer läuft die Begrenzung der Küsten größtenteils im Streichen der Schichten und im Gebiet junger Gebirgsbildung, und damit ist der erwähnte unregelmäßige Gang der Erscheinungen verbunden, während die atlantischen Küsten, mit Ausnahme Westindiens, fast ausschließlich im Gebiet alten Gebirges liegen und nicht dem Streichen der Schichten folgen.

Fassen wir den Zustand von Wasser und Land in wenigen Worten zusammen: Uralt und bleibend in aller Veränderung der übrigen Verhältnisse ist das große Becken des Stillen Ozeans, das nach Süden mit dem Eismeer in offener Verbindung steht. Während Jura und Kreide sind zwei große Landmassen vorhanden, die eine größtenteils in der nördlich gemäßigten, die andere in der äquatorialen Region; beide sind ostwestlich verlängert und durch einen breiten ostwestlich verlaufenden Kanal voneinander getrennt. Während des Tertiärs zerfällt die nördliche wie die südliche Landmasse, jene in Europa-Asien (Eurasien) und Nordamerika, diese in Vorderindien, Afrika und Südamerika. Zwischen den sich erhaltenden Teilen jener alten Kontinente hat sich das atlantische Becken gebildet, und nun verbinden sich die beiden westlichen und die beiden östlichen Teilstücke miteinander: Nordamerika kommt in Zusammenhang mit Südamerika, Eurasien mit Afrika und Indien. Damit ist der Grundzug der heutigen geographischen Lage gegeben.

Digitized by Google

Diese Umgestaltung muß den größten Einfluß auf die tiergeographischen Verhältnisse üben. Konnte sich früher in dem von der Antillenregion bis Bengalen verlaufenden Kanal die Meeresbevölkerung der wärmeren Regionen über die ganze Erde ziemlich gleichmäßig verbreiten, so wird das nun anders. In dem nordsüdlich verlaufenden Atlantischen Ozean, der keine in warmen Regionen gelegene Verbindung mit anderen Meeren besitzt, mußte sich eine selbständige Fauna entwickeln, die zur indopazifischen in einen Gegensatz tritt, der sich mit der Länge der Zeit immer mehr verschärfen muß. Ähnlich muß auf die Landfauna und -Flora die Umgestaltung der Festländer wirken. Und so sehen wir im jüngeren Tertiär und in der Jetztzeit eine Anordnung von Meer und Festland Platz greifen, die einer weitgehenden Spezialisierung und Lokalisierung der Lebewelt in hohem Grade günstig war.

---

8. Das Diluvium (Pleistocän).

Inhalt: Allgemeine Verhältnisse des Diluviums. — Die alpinen Diluvialbildungen. — Das nordeuropäische Landeis. — Diluvialablagerungen in anderen Teilen Europas. — Tier- und Pflanzenwelt der Diluvialzeit in Europa. — Klimatische Verhältnisse Europas in der Diluvialzeit. — Das außereuropäische Diluvium. — Ursachen der Kälteperiode. — Geologische Zeiträume.

Allgemeine Verhältnisse des Diluviums (Pleistocäns).

Die Unterschiede, die sich im Zustande der Erde und ihrer Bewohner zu Ende der Tertiärzeit gegen heute geltend machen, sind nicht mehr von großer Bedeutung. Das Klima war wahrscheinlich nur wenig wärmer als jetzt, in der Verteilung von Wasser und Land sind Abweichungen nur in Einzelheiten vorhanden, und auch in der Oberflächengestaltung der Festländer gehen nur noch die feineren Züge, namentlich der Thal- und Seenbildung, einer Umgestaltung entgegen. Die Meeresfauna steht der heutigen überaus nahe, während allerdings bei den Bewohnern des festen Landes größere Verschiedenheiten vorhanden sind. Noch treten hier auf allen Kontinenten zahlreiche, jetzt meist ausgestorbene Riesenformen von Säugetieren auf, während von dem Herrn der heutigen Schöpfung, dem Menschen, selbst aus den jüngsten Tertiärschichten noch keine sicheren Spuren vorliegen.

Der Übergang von der älteren zu der neuen Entwickelung fand nicht plötzlich und unvermittelt statt, sondern allmählich während eines Zeitraumes, der zwar im Vergleich zu einer der großen älteren Formationen kurz, doch nach dem Maßstab des menschlichen Lebens und der historischen Zeit gemessen immerhin sehr lang war. Man bezeichnet diesen Abschnitt als Pleistocän[1] oder auch mit den weniger geeigneten Namen der diluvialen oder quartären Periode.

Weder von den älteren noch von den jüngeren Bildungen läßt sich das Pleistocän durch irgend eine scharfe Grenzlinie scheiden. Trotzdem birgt es so viele Eigentümlichkeiten, daß man es als einen selbständigen Abschnitt behandeln darf. In der äußeren Erscheinung weichen, in ihrer Gesamtheit genommen, die pleistocänen Bildungen von allen älteren erheblich ab durch die geringe Menge von Ablagerungen aus dem Meer und aus größeren Binnenseen. Die Verschiebungen im Stande von Meer und Festland sind in diesen jungen Zeiten so gering, daß nur wenige marine Sedimente über dem heutigen Wasserspiegel vorhanden sind; und auch die Fälle

[1] Pleistocän von πλεῖστον, „das meiste", und καινός, „neu" oder „modern". Diluvium, Sintflut, weil man früher die noachische Flut diesem Zeitraum einverleibte und ihn, später wenigstens, als durch große Überschwemmungen ausgezeichnet betrachtete. Quartär von quartus, „der vierte", weil dieser Abschnitt auf das sogenannte dritte Zeitalter, das Tertiär, folgt.

Digitized by Google

von Austrocknung oder starkem Einschrumpfen großer Binnenseen seit der Pleistocänzeit sind spärlich genug. In um so größerer Verbreitung treten die Absätze fließender Wasser, in Form von Schotterbänken, Sanden, Thon und Lehm auf. Außerdem finden sich ausgedehnte Torfmoore, ferner „äolische", d. h. vom Winde zusammengetragene Massen 2c. Als das merkwürdigste aber erscheinen weithin mächtige Gletschergebilde, Moränen und umgelagertes Moränenmaterial, die von riesigen, viele Länder bedeckenden Eismassen herrühren.

Während diese letzten Vorkommnisse bis zu einem gewissen Grad eine Eigentümlichkeit des Pleistocäns bilden, können wir sicher behaupten, daß die übrigen Festlandsbildungen in gleicher Weise auch in den früheren Perioden der Erdgeschichte vorhanden waren, wenn sie auch aus diesen nur in verhältnismäßig geringer Menge auf uns gekommen sind. Selbstverständlich sind derartige Oberflächengebilde bei jeder Veränderung der Zerstörung durch Erosion am meisten ausgesetzt. Tauchten z. B. unsere Gegenden unter das Wasser des Meeres, so würden in erster Linie die großenteils losen Pleistocänmassen von der vordringenden Brandung abgetragen; träte eine Hebung ein, so würde die nun energischer angreifende subaërische Denudation ebendiese Ablagerungen vor allem vernichten. Da seit dem Ende der Pleistocänzeit kein derartiges Ereignis vorgekommen ist, so liegen uns aus diesem Zeitraum solche sonst nur vereinzelt erhaltene Bildungen in Menge vor. Sie setzen die oberflächliche Deckschicht zusammen, die die älteren Gesteine zu verhüllen pflegt; ihr verdanken Landschaft und Vegetation der flachen und hügeligen Gegenden einen großen Teil ihres Charakters. Wären sie nicht vorhanden, so würden riesige Landstriche, die heute von fruchtbarem Lehm überzogen sind und mehr als alle anderen den Ackerbau fördern, eine kahle, steinige Ausbreitung von festem Fels darstellen und dem Pflanzenwuchs wenig günstige Bedingungen bieten. In der That ist weitaus der größere Teil der Festlandsoberfläche von quartären Bildungen bedeckt, und schon dieser Umstand allein muß ihrem Studium große Bedeutung verleihen.

Wenn man allerdings die meisten geologischen Karten, namentlich die Übersichtskarten in kleinem Maßstabe, betrachtet, so scheint dies ganz anders zu sein. Das Pleistocän nimmt nur einen verhältnismäßig geringen Raum ein. Allein eine solche Darstellung entspricht nicht der Natur. Das Diluvium ist auf solchen Karten nur aus Zweckmäßigkeitsrücksichten an vielen Stellen weggelassen, um besseren Überblick über den geologischen Bau des festen Felsgerüstes zu gewähren. Betrachtet man z. B. eine Karte von Rußland, so nehmen Jura, Perm, Kohlenformation, Devon, Silur ungeheure Flächen ein; wer sich danach ein Bild von der Beschaffenheit des Landes macht, müßte erwarten, allerorten zahlreiche anstehende Partien und Aufschlüsse dieser Ablagerungen zu finden. In Wirklichkeit aber kann man in den meisten Gegenden Rußlands Tagereisen weit im Wagen dahinjagen, ohne etwas anderes zu Gesicht zu bekommen als diluvialen Lehm, Thon und schwarze Erde. Nur da, wo sich größere Flüsse tiefe Betten in die Ebene eingeschnitten haben, reichen sie bis auf die älteren Formationen hinab, und nur an diesen von den Geologen eifrig aufgesuchten Stellen kann man sich ein Bild von der Zusammensetzung des Untergrundes machen. Da aber diese älteren Schichten fast vollständig horizontal und ungestört liegen, so kann man durch Kombination der einzelnen an Flüssen gegebenen Profile annähernd genau auch für die verdeckten Striche den Bau der tieferen Lagen angeben: so sind die allgemein verbreiteten Karten von Rußland entstanden. Ähnlich verhält es sich auch in anderen Gegenden. So groß die Ausbreitung der quartären Ablagerungen ist, so bietet doch ihr Studium außergewöhnliche Schwierigkeiten, da die Entwickelung rasch wechselt, regelmäßige Schichtung häufig mangelt und Fossile in vielen Vorkommnissen sehr selten sind. Da nun überdies gerade bei den Festlandsgebilden, die uns hier ganz vorwiegend entgegentreten, der Charakter weit mehr als bei marinen Vorkommnissen von den örtlichen Verhältnissen beeinflußt ist, so

Digitized by Google

zerfällt die geologische Darstellung des Diluviums mehr noch als die des Tertiärs in eine Reihe von Lokalschilderungen, aus denen erst allmählich allgemeinere Ergebnisse hervortreten.

Weitaus die wichtigste Erscheinung ist hier die große Ausbreitung von Eismassen, die in der quartären Zeit über einen beträchtlichen Teil der Erde stattfand. Gletscher und Inlandeis von ungeheurer Ausdehnung haben in den verschiedensten Gegenden ihre deutlichen Spuren hinterlassen. Wir begegnen einer Kälteperiode, deren Temperatur jedenfalls um einige Grade niedriger war als die jetzige. Allerdings war nicht die ganze Pleistocänzeit dadurch ausgezeichnet. Zu Anfang und zu Ende war das Klima von dem heute herrschenden wenig verschieden, und auch um die Mitte der quartären Periode machten sich mannigfaltige Schwankungen geltend: Zwischenzeiten, wo die Temperatur stieg und das Eis zurückging.

Welche Spuren die Eismassen hervorbringen, ergibt sich aus der im ersten Bande dieses Werkes enthaltenen Schilderung der Thätigkeit heutiger Gletscher. Die Schuttanhäufungen der Moränen mit regellos gehäuftem Material, mit geschrammten und gekritzten Geschieben, mit großen, über weite Strecken transportierten Blöcken bilden ein Hauptmerkmal. Dazu gesellen sich rundhöckerige, geglättete und geschrammte Beschaffenheit des Untergrundes und eine Reihe anderer untergeordneter Merkmale. Endlich wird uns die Pflanzen- und Tierwelt, soweit Spuren davon vorhanden sind, durch das Vorkommen nordischer Formen in südlichen Gegenden, von alpinen Typen in den Ebenen weitere Anhaltspunkte an die Hand geben.

In Europa nehmen derartige Vorkommnisse Landstrecken von zweierlei verschiedener Art ein. Einerseits treten sie in Gebirgen auf, die noch heute ausgedehnte Gletscher tragen, z. B. in den Alpen und in den skandinavischen Hochländern, und stellen hier nur eine bedeutende Vergrößerung der noch heute vorhandenen Phänomene dar; anderseits aber finden sie sich auch fern von jedem noch thätigen Herde bleibender Eisbildung, entweder in niedrigen Gebirgen, wie in den Vogesen, dem Schwarzwalde, dem Böhmerwalde, den Karpathen 2c., oder auch in Tiefebenen, im norddeutschen Flachlande, in Holland, der polnischen und russischen Ebene. Die richtige Deutung mußte natürlich von jenen Gebieten ausgehen, wo der Vergleich mit den heutigen Gletschern den Schlüssel lieferte. In der That wurde der erste entscheidende Schritt in der Schweiz gethan.

Erst verhältnismäßig spät hat sich die richtige Erkenntnis Bahn gebrochen, obwohl die merkwürdigen Erscheinungen der Eiswirkung und namentlich die erratischen Blöcke sehr früh die allgemeinste Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben: lose Blöcke, die oft weit entfernt von jeder Spur eines anstehenden Vorkommens desselben Gesteins frei an der Oberfläche oder umhüllt von Diluviallehm liegen. Ganz Norddeutschland, Holland, die polnische Ebene und ein großer Teil von Rußland sind mit solchen Findlingen überstreut, deren Zahl schon stark abgenommen hat, da man sie in steinarmen Flachlandsbezirken als Straßenschotter, als Baumaterial 2c. verwendet hat. Manche von diesen Blöcken erreichen riesige Dimensionen: einige zwischen 5,5 und 8 m lange Granittrümmer waren in Fürstenwalde an der Spree vorhanden, von denen ein Trum das Material zu der riesigen Granitschale vor dem Berliner Museum geliefert hat. Ähnliche Massen werden von Tychow bei Belgard in Pommern, im Amte Wittenburg in Mecklenburg, von Neubrandenburg 2c. erwähnt, der Hesselagerstein auf der dänischen Insel Fünen erreicht sogar einen Inhalt von 400 cbm, und auch in Rußland kommen ähnliche gewaltige Gesellen vor; kleinere in unzählbarer Menge.

In derselben Weise finden wir in den Thälern der Alpen und in ihrem Vorlande erratische Blöcke zerstreut. Der Pflugstein zwischen Erlenbach und Wetzweil in der Schweiz wird von Escher von der Linth auf mehr als 2000 cbm geschätzt, obwohl schon viel Material von ihm weggebrochen worden ist, und ein anderer Block im Steinhof bei Seeberg bleibt nicht weit dahinter zurück. Die Pierre à la Bot, ein Gneisblock, auf dem Gehänge eines Hügels fast 300 m über

Digitized by Google

dem Spiegel des Neuchâteler Sees, hat mehr als 1000 cbm; ja einem Kalksteinblock, der bei Bex im Rhonethal im Kanton Wallis auf dem Hügel Montet ruht, wird eine Masse von mehr als 5000 cbm zugeschrieben. Solche Findlinge finden sich auch weiterhin in der oberschwäbischen und bayrischen Hochebene, z. B. bei Au in der Nähe von Miesbach und bei Kempfenhausen in der Nähe des Starnberger Sees.

Sofort lehrte die Betrachtung, daß die fremden Blöcke außerordentlich weite Wege zurückgelegt hatten. Die Gneise und Granite, die an den Gehängen des Juragebirges in der Schweiz ruhen, stammen aus der Zentralkette der Alpen, sie sind etwa aus dem hintersten Wallis durch das Rhônethal über die Molasseniederung hinüber auf die Höhen des Jura gelangt. Ähnliches ergab sich in anderen Gegenden des alpinen Bezirkes. Die Geschiebe der Norddeutschen Ebene stammen gar aus Schweden, Norwegen oder aus den russischen Ostseeprovinzen.

Natürlich konnte man nicht daran denken, daß durch die gewöhnlichen Transportmittel, durch einen Fluß, einen Strom 2c., die Verfrachtung dieser riesigen Trümmer stattgefunden habe.

Die erste Vermutung, die sich anfangs ziemlich allgemeiner Anerkennung zu erfreuen hatte, war wohl die, die Wanderblöcke seien durch furchtbare Sturmfluten fortgewälzt worden. Im Kindheitsstadium der geologischen Wissenschaft war man ja überhaupt geneigt, als die Ursache jeder außergewöhnlichen Erscheinung riesige, rasch verlaufende Katastrophen anzunehmen, da man von der Länge der geologischen Zeiträume und von der Wirkung lange andauernder kleiner Veränderungen noch keine genügende Vorstellung hatte. In der That kann gar nicht geleugnet werden, daß plötzlich hervorbrechende Wasserfluten unter Umständen selbst gewaltige Blöcke auf weite Strecken fortzuschleppen im stande sind (vgl. die Schilderung des Bergsturzes von Anguri in Armenien: Bd. I, S. 466). Dennoch mußte eine unbefangene Prüfung der Phänomene zu der Überzeugung führen, daß hier von einem solchen Vorgange nicht die Rede sein könne. Fassen wir etwa die Verhältnisse in der Schweiz ins Auge, so könnte z. B. eine furchtbare Flut einen Block von 1000 cbm Inhalt im Thalwege des oberen Rhonethales, im Wallis, fortschleppen; wenn nicht früher, so müßte er im Genfer See liegen bleiben. Die Fluthypothese aber fordert, daß z. B. die oben erwähnte Pierre à la Bot nicht nur durch den Genfer See durch und über das flache Hügelland am Fuße der Alpen fortgewälzt, sondern auch noch jenseit des Neuenburger Sees 300 m hoch an den Gehängen des Juragebirges hinaufgeschleudert worden sei. Es bedarf keiner langen Auseinandersetzung, um klarzumachen, daß eine solche Annahme unzulässig ist.

Schon im Anfang unseres Jahrhunderts sprach der englische Geolog Playfair aus, daß die erratischen Blöcke der Schweiz durch Gletscher transportiert worden seien, ohne, wie es scheint, für seine Ansicht Anerkennung zu finden; unabhängig von diesem Vorgänger sprach sich der Ingenieur Venetz aus Sitten in Wallis im Jahre 1821 in demselben Sinne aus. Beachtung fand die Sache erst anderthalb Dezennien später durch die eingehenden Untersuchungen von Charpentier. Durch L. Agassiz, Desor, Escher, Favre, Forbes, Martins, Schimper und zahlreiche andere wurden zunächst die jetzigen Gletscher einem eingehenden Studium unterzogen und dadurch die wissenschaftliche Grundlage befestigt und erweitert. Aber auch in theoretischer Beziehung ging man über Charpentiers erste Ansichten hinaus. Man nahm an, daß sich eine weitverbreitete Kälteperiode, die Eiszeit, wie Schimper sie nannte, auf der Erde geltend gemacht habe; und es fehlte nicht an weitgehenden Übertreibungen in dieser Richtung. So tauchte die Hypothese auf, daß eine Eisdecke die ganze Erde überzogen habe, die alles Leben vertilgte; die Alpen existierten angeblich damals noch nicht, sondern ihre Hebung begann erst während der Eisbedeckung, sie durchbrachen dabei die gefrorene Hülle, und auf dieser glitten nun die erratischen Blöcke in weite Ferne. Es konnte nicht fehlen, daß solche Überschwenglichkeiten der Gletschertheorie energische Gegner erwecken mußten. Namentlich stellte sich die Lyellsche Drifttheorie jener entgegen. Man nahm weder

Digitized by Google

eine allgemeine Vereisung, noch auch eine Ausdehnung der Gletscher über das ganze Areal an, wo erratische Findlinge auftreten, sondern diese sollten vorwiegend durch schwimmende Eisschollen verfrachtet sein. An der grönländischen Küste reichen die Gletscherzungen bis ans Meer herab, ihre Enden lösen sich fortwährend los und schwimmen als Eisberge davon. Mit dem Eise wird auch das auf ihm ruhende oder ihm anhaftende Moränenmaterial fortgetragen und durch Meeresströmungen größtenteils nach Süden geführt. Schmilzt nun der Eisberg, oder strandet er an einer Küste, so werden Steine und Schutt an derselben Stelle liegen bleiben (vgl. Bd. I, S. 572). Man dachte also, daß z. B. die nordeuropäische Ebene bis an den Rand der mitteldeutschen Gebirge von Wasser bedeckt war, daß das Eis von großen skandinavischen Gletschern herrühre und durch Strömungen herbeigedriftet werde. Ähnlich sollte die niedrige Landschaft zwischen Jura und Alpen unter Wasser gestanden haben, auf dem alpine Eismassen trieben.

Diese „Drifttheorie" wurde zwar für die Alpen und die vor ihnen liegenden Niederungen bald wieder verlassen, erhielt sich aber für die Vorkommnisse in Norddeutschland und ähnliche Flachlandsregionen lange in allgemeiner Anerkennung. Erst in neuerer Zeit hat sich ein Umschwung der Auffassung vollzogen. Nach dem Vorgange des schwedischen Forschers Torell nimmt man an, daß die skandinavischen Gletscher quer über die Ostsee bis an den Rand der mitteldeutschen Gebirge, der Karpathen, in Rußland bis an die Ufer des Dnjepr gereicht haben. Um die Berechtigung der einzelnen Ansichten zu beurteilen, ist es vor allem notwendig, einige der wichtigsten Vorkommnisse kennen zu lernen. Wir wählen die Alpen, weil uns hier wegen des unmittelbaren Anschlusses der älteren Glazialbildungen an ein noch jetzt teilweise vergletschertes Hochgebirge einfachere Verhältnisse vorliegen. Wir werden uns dann dem großen nordeuropäischen Gebiete zuwenden und endlich einen Überblick über die anderen Gegenden zu gewinnen suchen, wo Spuren diluvialer Gletscherwirkung erkannt worden sind.

Die alpinen Diluvial- (Pleistocän-) Bildungen.

Bei der Schilderung der jetzigen Gletscher haben wir die Massen von Gestein und Schutt kennen lernen, die der Eisstrom auf seinem Rücken und an den Rändern trägt (Oberflächenmoränen) oder am Boden seines Bettes mit sich fortschleppt (Grundmoräne), und die er endlich alle an seinem Ende ablagert (End- oder Stirnmoräne; vgl. Bd. I, S. 555). Das Auftreten pleistocäner Moränen, in denen alle Bestandteile vom feinen Sandkorn bis zum gröbsten Block ohne jede Sichtung, wie sie das Wasser hervorbringt, bunt durcheinander liegen, ist die bezeichnendste Ablagerung der Eiszeit, und die gewaltigen erratischen Blöcke, deren wir oben gedacht haben, sind eben nur die gröbsten Stücke des Moränenmaterials. Im Bereich der Moränenablagerungen treten stellenweise geschichtete Partien auf, bei deren Absatz das aus den Gletschern hervorbrechende Wasser beteiligt war. Endlich finden sich als Zeichen der ehemaligen Gletscherwirkung die früher beschriebenen Rundhöcker, abgeschliffene und geschrammte Felsoberflächen, und die gekritzten Geschiebe geben sich überall als ehemalige Bestandteile einer Grundmoräne zu erkennen (vgl. Bd. I, S. 557).

Aus der Verbreitung solcher Spuren der Eiszeit hat man erkannt, daß so ziemlich in allen den großen Hauptthälern der Alpen riesige Gletscher herabstiegen, die nicht nur die Thäler erfüllten, sondern auch auf das ebene oder hügelige Vorland der Alpen heraustraten, ja sogar auf diesem zu einem weiten, zusammenhängenden Eismantel verschmolzen.

Dies war nur auf der Nordseite der Fall. Auf der milderen Südseite, wo die wärmere Temperatur die Abschmelzung weit energischer vor sich gehen läßt, bildeten die aus den Thälern

Digitized by Google

der Etsch, der Sarca, der Adda, des Oglio, des Tessin, der Dora und anderer südalpiner Flüsse sich vorschiebenden Gletscher kein zusammenhängendes Inlandeis über der Poebene, sondern nur einzelne ragten etwas über den Gebirgsrand hervor und lagerten halbkreisförmige, mit Amphitheatern vergleichbare Moränenwälle vor den Thalausgängen ab.

Allein auch an der Nordseite der Alpen selbst machen sich noch bedeutende Verschiedenheiten geltend. Aus Mächtigkeit und Ausdehnung der einzelnen Eisströme ist deutlich zu erkennen, daß die eiszeitliche Vergletscherung ganz allgemein von Westen nach Osten abnimmt. So verhalten sich auch die heutigen Gletscher, und so dürften, wie A. Penck hervorgehoben hat, dieselben Ursachen, die heute die Abnahme der Vergletscherung von Westen nach Osten bewirken, auch die gleichartige Größenentfaltung der eiszeitlichen Gletscher veranlaßt haben. Da sich die Erhebung des Gebirges gegen Osten beträchtlich vermindert, ragen hier weit kleinere Flächen in die Schneeregion empor als im Westen. Dazu kommt noch, daß auch die Thalsysteme, vom Inn angefangen, gegen Osten kleiner werden, und damit natürlich auch die Zuflußgebiete der Gletscher.

Nach diesen Auseinandersetzungen dürfen wir einen der gewaltigsten Gletscher im Rhônethal erwarten; ist doch das Wallis von den mächtigsten Bergriesen der Alpen, der Finsteraarhornmasse im Norden, der Monte-Rosa- und Monte-Blanc-Gruppe im Süden, eingerahmt. In der That tritt hier wohl der großartigste unter allen pleistocänen Gletschern auf, der auch, was den Transport riesiger Blöcke anlangt, von keinem anderen erreicht wird. In mächtigem Strom erreichte er den Gebirgsausgang, er überschritt den Genfer See und breitete sich dann über das ganze niedrige Hügelland bis an das vorliegende Juragebirge aus. Hier aber stellte sich diese Gebirgskette hemmend in den Weg, das Eis teilte sich hier in zwei Arme, die sich nach entgegengesetzter Richtung bewegten: der eine folgte dem Rhonethal nach Südwesten und drang hier, durch den aus dem Arvethal nach Chamonix kommenden Gletscher verstärkt, bis in die Gegend von Lyon vor. Hier schloß sich ihm der Gletscher des Isèrethales an, und beide vereint erstreckten sich noch weiter nach Süden. Der andere Ast des Rhonegletschers drang nach Nordosten über die Gegend des Neuchâteler und Bieler Sees, über die Stätten des heutigen Freiburg und Bern und durch das untere Aarthal bis Aarau vor, so daß dieses Ende des Eisstroms von dem südwestlichen mehr als 300 km entfernt liegt.

Gegen Osten gelangen drei kleinere, aber doch noch bedeutende Eisströme in das Vorland, die den Thälern der Reuß, der Aar und der Linth (Limmat) entstammen; und dann folgt wieder ein großartiger Gletscher ersten Ranges, der sich aus dem Rheinthal vorschiebt. Schon im Gebirge selbst teilte sich der Rheingletscher; über die niedere Wasserscheide, die das Rheinthal unterhalb Ragaz vom Wallenstädter See trennt, konnte sich ein Eisstrang von dem Rheingletscher abzweigen, der sich mit dem Linthgletscher vereinigte und ihn verstärkte. Die Hauptmasse aber ging dem Rheinthal entlang, bedeckte die ganze Fläche des Bodensees und drang in riesiger Breite weit nach Norden bis in die Gegend von Sigmaringen und Biberach vor.

In noch großartigerer Weise tritt die Erscheinung der Teilung der Eismasse beim Inngletscher auf. Da das Hauptthal die Eismassen, die aus dem langen Thalzuge, dem größten der Alpen, und den zahlreichen Querthälern herabkamen, nicht fassen konnte, floß das mit einer großen Menge kristallinischer Geschiebe aus der Zentralzone der Alpen beladene Eis über die niedrigeren Einschartungen in das nördliche Kalkgebirge ab. Namentlich die Thäler der Loisach, der Isar, Mangfall und Leitzach nahmen den Überfluß des Inngletschers auf. So brachten die Eisströme dieser Thäler, die ganz im Kalkgebirge liegen, nicht nur Kalkgeschiebe, sondern auch kristallinische Blöcke in das Vorland, das sie bis gegen Holzkirchen, Starnberg und Bruck südlich und westlich von München bedeckten (s. die der S. 566 des I. Bandes beigegebene Karte). Trotz dieser Abflüsse war die im Hauptthal vorgeschobene Eismasse des Inngletschers noch mächtig

Digitized by Google

Digitized by Google

Der Pasterzengletscher am Großglockner. (Nach Photographie.)

Digitized by Google

genug, um sich im Vorlande bis nach Haag und Gars nördlich von Wasserburg auszudehnen und überdies einen Zweig in das Chiemsee-Achenthal abzugeben. Im Vorland fächerförmig ausgebreitet, nähert sich der Inngletscher dem Isargletscher, ohne völlig mit ihm zu verschmelzen. Zwischen beiden liegt eine Zunge von eisfreiem Land, die in der Gegend von Miesbach fast bis an den Rand der Alpen reicht und mit der außerordentlich geringen Eisentwickelung im Gebiet des Schliersees in Zusammenhang steht. Östlich vom Inn greift noch der Salzachgletscher mit einer breiten, bogenförmigen Eismasse weit in das Vorland hinein; der östlich folgende Traungletscher entfernt sich nach A. Penck nur noch 8 km vom Fuße der Alpen, der Gletscher des Steyerthales, der durch das Kremsthal nach außen tritt, nur noch 15 km. Der Ennsthalgletscher konnte vollends den Nordrand der Alpen nicht mehr erreichen, sondern endigte im Hauptthal bei Großraming und scheint sich mit seinem kleinen Seitenzweig über den niedrigen Lehnersattel aus dem Enns- in das Ybbsthal ergossen zu haben.

Der östlichen Region der Alpen gehört, abgesehen von zahlreichen kleinen Gletschern, ein gewaltiger Eisstrom an, der von der Südseite der Tauernkette (s. die beigeheftete Tafel „Der Pasterzengletscher am Großglockner") und aus einem Teile der Dolomitregion kam und sich durch das Drauthal nach dem mittleren Kärnten wälzte; hier wurde er durch einen mächtigen Zufluß aus dem Gailthal verstärkt und breitete sich nach Höfer über den größten Teil des Landes aus.

Wollen wir uns danach eine Vorstellung von dem damaligen Zustande der Alpen machen, so erhalten wir ein Bild von fremdartiger Färbung. Keine dunkeln Nadelwälder bekleideten die Flanken der Berge, keine frischen Alpentriften breiteten sich an ihnen aus, den breiten Thalgründen fehlte die reiche Vegetation. Bis weit herab hüllte alle Höhen ewiger Schnee ein, aus dem nur einzelne allzu schroffe Felswände dunkel hervortraten; von den überreich gefüllten Firnbecken schoben sich durch die Thalgründe ungeheure Gletscher, deren Mächtigkeit oft 1000 m überstieg. Nur in den flacher werdenden östlichsten Gebieten und in den Südalpen waren die niedrigeren Vorberge einen kleinen Teil des Jahres hindurch schneefrei und die äußeren Teile mancher Thäler nicht vereist. Aber auch hier dürfen wir nicht an eine reiche Vegetation denken. Niedrige, polsterartige Rasen teilweise großblumiger Pflanzen, wie sie heute die höhere Alpenregion und die polaren Länder zieren, traten auf, ohne eine zusammenhängende Decke zu bilden, und nur an den begünstigtsten Stellen mochte ein kaum spannenhohes Gestrüppe von zwergigen Weiden und Birken ein kümmerliches Dasein fristen. Den Nordrand der Alpen umsäumte von Südfrankreich bis etwa an die Grenze von Oberösterreich und Salzburg eine kaum unterbrochene ungeheure Wüste von flach ansteigendem Inlandeis, das eine Breite bis zu 70 km erreichte, und die ihm vorgelagerte eisfreie Ebene mochte wohl einen Anblick bieten, am besten mit den Tundren (Moossteppen) Sibiriens vergleichbar. Während des Sommers brausten von der Grenze der Eismassen in zahllosen mächtigen Strömen die Massen der Schmelzwasser, dickschlammig und große Lasten von Sand und Gerölle mit sich wälzend und weiterhin ablagernd.

Wir haben uns in den allgemeinsten Zügen den Zustand der Alpen auf dem Höhepunkt ihrer Vergletscherung vergegenwärtigt. Nun fällt uns die Aufgabe zu, ihre einzelnen geologischen Erscheinungen kennen zu lernen. Wir folgen hierbei hauptsächlich den ausgezeichneten Darstellungen von A. Penck, E. Brückner und L. du Pasquier.

Die wichtigsten Anhaltspunkte gewähren die Moränen, die namentlich im Vorlande ein wichtiges Element der Landschaft bilden und zugleich geologisch bedeutsam hervortreten. Zu jedem einzelnen Gletscher gehört ein System parallel verlaufender Moränenzüge, die sich annähernd halbkreisförmig, amphitheatralisch, um den Austrittspunkt des Gletschers aus dem Gebirge gruppieren. Hinter den Endmoränen, im Zentrum des Moränenamphitheaters, erscheint eine bald mehr, bald minder deutlich ausgeprägte und oft von einem See eingenommene Depression. Jede einzelne

Digitized by Google

Moräne zerfällt in eine Anzahl unregelmäßig gestellter, gerundeter Kuppen. Dazwischen befinden sich leichte Einsenkungen ohne Abfluß; hier bilden sich kleine Seen oder Teiche oder statt ihrer Torfmoore und Sumpfwiesen. Diese „Moränenlandschaft", wie sie Desor zuerst geschildert hat, mit ihren rasch abwechselnden Hügelformen, mit ihren unregelmäßigen Senkungen und kleinen Wasserspiegeln gehört zu den lieblichsten Gegenden, denen in der Regel reiche Vegetation und der Ausblick auf die Alpenkette im Hintergrund erhöhten Reiz verleihen. Treten wir näher an die Stirnseite einer solchen Endmoräne heran, so sehen wir an ihrem Fuße geschichtete Ablagerungen aus Sand und Geschieben hervortreten, zuerst einen Schuttkegel mit noch undeutlicher Schichtung, aber ziemlich starkem Gefälle. Aus diesem geht eine wohlgeschichtete und sich immer mehr und mehr verflachende Sand- und Schotterablagerung hervor. Da offenbar die aus dem Eise brechenden und mit Geschieben beladenen Wässer diese Schotter abgelagert haben, wie man dies auch bei den heutigen Gletschern beobachtet, so ist jede Moräne samt der sich anschließenden „fluvioglazialen" Schotterterrasse als eine zusammengehörige und gleichzeitige Bildung zu betrachten.

Wo mehrere Moränenzüge aufeinander folgen, hat jeder an der Stirnseite die zugehörige fluvioglaziale Terrasse; jeder entspricht einer größeren Pause im Rückzug des Gletschers. Alle zusammengenommen aber sind das Produkt einer und derselben Hauptvergletscherung. Die charakteristischen Formen der Moränen sind in diesen Amphitheatern des Alpenvorlandes ausgezeichnet erhalten, und die Oberfläche zeigt so wenig oder gar keine Spuren der Zersetzung durch die Atmosphärilien, daß man schon daraus auf ein jugendliches geologisches Alter der dadurch angedeuteten Vergletscherung schließen muß.

Begibt man sich von diesen wohlerhaltenen Moränenzügen weiter nach außen, so trifft man in einiger Entfernung einen zweiten, äußeren Moränengürtel an. Hier aber ist die Moränenform verschwommen, die bezeichnenden Unebenheiten sind ausgeglichen, gleichsam verwaschen und die oberen Partien der Moräne zersetzt, der Feldspat der kristallinischen Geschiebe kaolinisiert, die Sande und Schotter von Eisenoxydhydrat durchzogen. Häufig bemerkt man die Zersetzungserscheinung der geologischen Orgeln (vgl. Bd. I, S. 505). Also war der äußere Moränengürtel der Einwirkung der Atmosphärile eine längere Zeit hindurch ausgesetzt, als jene gedauert hat, die seit der Bildung der inneren Moränen verflossen ist. Das höhere Alter der äußeren Moränen wird auch durch die Lagerung bewiesen, da sich ja jene unter die inneren Moränen fortsetzen. Noch entscheidender aber ist die Thatsache, daß sich sehr häufig eine Schicht von gelbbraunem Löß oder Lehm zwischen die zersetzte Oberfläche der äußeren Moränen und die darauf lagernden fluvioglazialen Schotter der inneren Moränen einschaltet. In jener „interglazialen Periode", in der das Vorland eisfrei war und daher die Zersetzung der äußeren Moränen und die Ablagerung der Lößschicht erfolgen konnte, fanden an manchen Stellen tiefe Auswaschungen statt. Daher konnten die Gletscher beim abermaligen Vorrücken die inneren Moränen nicht nur *auf*, sondern nach Umständen auch *zwischen* die äußeren und in einem tieferen Niveau als diese absetzen.

Bei näherer Betrachtung erkennt man ferner, daß der äußere Moränengürtel in Wirklichkeit aus zwei verschiedenen Moränenbildungen, einer älteren und einer jüngeren, besteht, die ebenfalls durch eine Zersetzungsschicht oder auch eine Lößlage getrennt sind. Sonach liegen im Vorlande Anzeichen *für drei aufeinanderfolgende Gletscherbildungen* vor, die durch zwei interglaziale Perioden getrennt waren. Sie äußern sich durch das Vorhandensein von Lößlagen und Zersetzungserscheinungen auf der Oberfläche der Moränen, jene durch drei verschiedene Moränenbildungen, von denen jede von einer zugehörigen fluvioglazialen Schotterterrasse begleitet wird. Und wie die jüngeren Moränen bald auf, bald zwischen den älteren Moränen liegen können, so gilt dasselbe auch von den entsprechenden Schotterterrassen. Die Schotteranschwemmung der ersten Vergletscherung wurde als Deckenschotter (diluviale Nagelfluh im engeren Sinne), die

Digitized by Google

Anschwemmung der zweiten Moränenbildung als Hochterrassenschotter, die der jüngsten, inneren Moränen als Niederterrassenschotter bezeichnet. Diese Verhältnisse konnten in den Nordalpen allenthalben von der Schweiz bis nach Österreich nachgewiesen werden; auch in den Südalpen führten eingehende Untersuchungen zu demselben Resultat.

Für die Kenntnis der näheren Vorgänge der Eiszeit sind namentlich die interglazialen Bildungen wichtig. Wären diese in Form von Löß- oder Zersetzungsschichten nur auf das Vorland beschränkt, dann könnten wir uns vorstellen, es wäre auf den jedesmaligen Gletschervorstoß jeweils nur ein leichter Rückzug erfolgt, und in der Rückzugsperiode wäre der Löß abgelagert, die obersten Lagen der Moränen zersetzt worden. Ganz anders aber stellt sich die Sache dar, seitdem solche interglaziale Anzeichen auch tief in das Herz der Alpen hinein verfolgt werden konnten; denn dann muß der betreffende Rückzug umfassend gewesen sein, bis in das Hochgebirge gereicht haben. Dann kann es sich nicht mehr um leichte Schwankungen einer und derselben Hauptvergletscherung, sondern um völlige Unterbrechungen und Wiederholungen der Vergletscherung handeln.

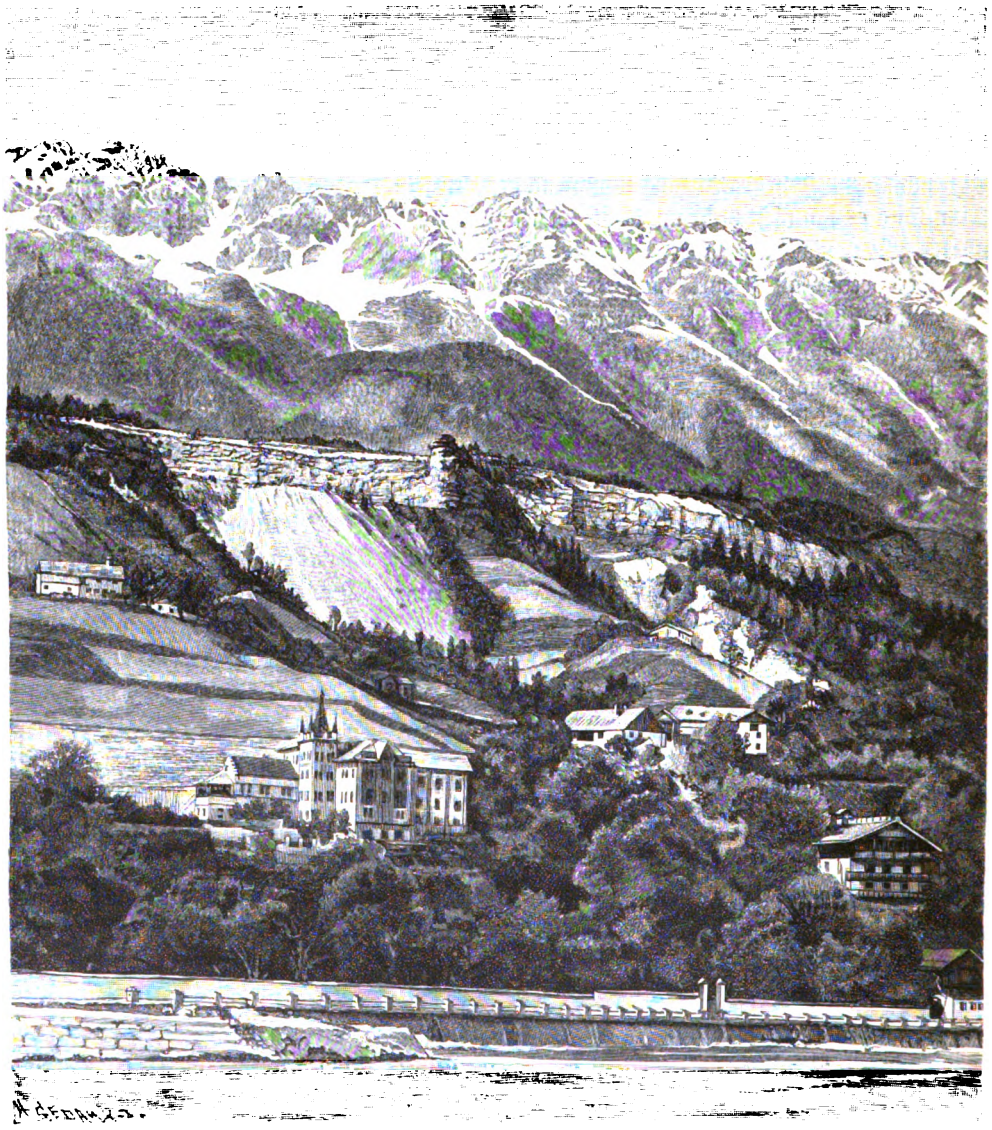
Der zweite Fall ist durch viele Beobachtungen erwiesen. An mehreren Stellen hat man tief im Gebirge interglaziale Ablagerungen gefunden, und zwar teils Breccien mit Pflanzenresten, teils Schotter und Konglomerate, teils Torf- und Kohlenlager. Also ist das Eis in den Interglazialzeiten bis nahezu an die Firste des Gebirges zurückgegangen.

Die ersten Hinweise lieferte die Schweiz, wo man zwischen Moränen Flöze von Schieferkohle, die Überreste alter Torflager, entdeckt hat. Dürnten und Wetzikon im südlichen Teil des Kantons Zürich, Utznach und Mörschwyl im Kanton St. Gallen sind die wichtigsten Punkte, an denen teilweise auch durch einige Zeit Bergbaue auf die Schieferkohlen betrieben wurden. In den Kohlenlagern hat man nun eine ganze Reihe von Pflanzen- und Tierresten gefunden, aus denen mit Bestimmtheit zu erkennen ist, daß zur Zeit der Entstehung der Schieferkohle, also vor der zweiten und nach der ersten Vergletscherung, ein gemäßigtes Klima geherrscht haben müsse. Zwar sind die Tierreste (Elefas antiquus, Rhinoceros Merckii, Bos primigenius, Elch, Hirsch, Höhlenbär) in dieser Beziehung nicht entscheidend, um so mehr aber die Pflanzen, unter denen O. Heer folgende bestimmen konnte: Fichte, Föhre, Bergföhre, Lärche, Eibe, Birke, Eiche, Bergahorn, Haselnuß- und Himbeerstrauch, ferner von krautartigen Gewächsen Fieberklee, Schilfrohr, Seebinse, Wasserpfeffer, Wassernuß, Sumpflabkraut, Preißelbeere, ferner eine ausgestorbene Gattung Seerose, einen Schachtelhalm und verschiedene Moose. Von diesen Gewächsen kommen alle mit Ausnahme der Seerose und der Bergföhre noch jetzt in denselben Gegenden und unter den selben Verhältnissen vor. Nur die Bergföhre läßt auf ein etwas rauheres Klima schließen; bedeutend kann aber der Unterschied gegen heute nach dem Vorkommen von Eiche und Haselnuß nicht gewesen sein. Keinesfalls haben wir es mit einem hochalpinen oder polaren, sondern entschieden mit einem gemäßigten Klima zu thun.

Ein ähnliches Vorkommen wie das schweizerische ist von Sonthofen am Iller bekannt; und auch sonst sind aus den Alpen von ungefähr 20 Stellen interglaziale Bildungen nachgewiesen. Aber keine von diesen erregt ein gleiches Interesse wie die Breccie von Hötting nördlich von Innsbruck, eine Ablagerung von fest miteinander verkitteten Gesteinstrümmern, eine alte Schutthalde, die sich über das Thalgehänge ausbreitet. Diese Höttinger Breccie, die in Innsbruck vielfach als Baustein verwendet wird, ist von Moränen bedeckt, unter denen ihre Oberfläche abgeschliffen ist, und in denen Trümmer von ihr vorkommen. Daraus ist zu entnehmen, daß diese Schutthalde schon verkittet war, bevor die zweite Vergletscherung eintrat. Dabei lagert aber die Breccie ihrerseits wiederum auf Moränen auf, wie A. Penck nachgewiesen hat, und wie man dies an mehreren Stellen deutlich erkennen kann (s. Abbildung, S. 426). Das Vorkommen dieser interglazialen Bildung beweist an und für sich, daß die Gegend von Innsbruck zwischen zwei aufeinander

Digitized by Google

folgenden Vergletſcherungen eisfrei geweſen ſein muß. Beſonders wichtig aber iſt der Umſtand, daß die Breccie von Hötting Pflanzenreſte birgt, die hier in der Höhe von ungefähr 1200 m Meereshöhe gewachſen ſind und zweifellos auf ein ehemaliges **milderes Klima** ſchließen laſſen, als heute am Standorte herrſcht. Von den 41 Pflanzenarten, die R. v. Wettſtein nachgewieſen hat, kommen



Die Höttinger Breccie bei Innsbruck. (Nach A. Penck.) Vgl. Text, S. 425.

heute noch bei Hötting oder unter ähnlichen Verhältniſſen in dieſem Gebiete 29 Arten vor; 6 Arten gedeihen noch heute in Nordtirol, aber tiefer als in 1200 m Meereshöhe. Weitere 6 Arten aber, die der heutigen Flora Nordtirols vollſtändig fremd ſind, bilden gerade das intereſſanteſte Element dieſer pleiſtocänen Flora. Zu ihnen gehört vor allem die Charakterpflanze der ganzen Flora, Rhododendron ponticum, ferner Buxus sempervirens, Formen, die dem Bereich der **pontiſchen Flora** angehören und in Verbindung mit einigen anderen, aber weniger entſcheidenden

Digitized by Google

Formen, gebieterisch ein milderes Klima für die Interglazialperiode fordern. In den Gebirgen um das Schwarze Meer wird Rhododendron ponticum heute von ungefähr 22 Charakterpflanzen begleitet, und nicht weniger als 8 davon kommen auch in der Höttinger Breccie fossil vor. Offenkundig tritt hier die Ähnlichkeit der Höttinger Pleistocänflora mit jener pontischen hervor, die in den Gebirgen um das Schwarze Meer in der Meereshöhe von 400—1900 m wächst. Wie diese erfüllte in der Interglazialepoche auch die alpinen Thäler üppiger Waldwuchs; und weit höher hinauf, als es heute der Fall ist, waren die Berggehänge mit hochstämmigen Holzpflanzen bestanden. Für den Löß, eine Bildung der Interglazialzeit (vgl. unten, S. 442), muß, wie wir sehen werden, Steppenklima vorausgesetzt werden, und er schließt eine Steppenfauna von östlicher Herkunft ein. Wenn nun auch in der Höttinger Flora südöstliche Elemente nachgewiesen sind, so stimmt dies mit den Verhältnissen des Löß sehr gut überein.

Dagegen besteht scheinbar ein Widerspruch zwischen den Ergebnissen, die aus den Pflanzen der Schweizer Schieferkohle, und jenen, die aus der Flora der Höttinger Breccie abgeleitet wurden: nicht auf wärmeres, nur auf gemäßigtes, selbst etwas rauheres Klima als das gegenwärtige sollen ja die Pflanzen der Schieferkohle hinweisen. Wir dürfen aber voraussetzen, daß die Interglazialperiode sehr lang war, und daß sie alle Übergangsstadien vom kalten Klima der älteren Vergletscherung bis zum pontischen Klima der Höttinger Breccie umfaßte. Einem solchen früheren Stadium mag die Flora der Schieferkohle entsprechen. Auch für die ältere, die glaziale Periode, liegen uns Belege vor. A. Nathorst konnte bei Schwarzenbach im Kanton Zürich unmittelbar über der Grundmoräne eine kleine Flora auffinden, die aus hochnordischen Formen besteht: die zwergige Polarweide und einige andere kleinere Weidenarten, die Zwergbirke, Silberwurz (Dryas octopetala), Bärentraube (Arctostaphylos uva ursi) und ein Knöterich (Polygonum viviparum). Diese nordischen Pflanzen gediehen am Rande der Eiswüste und folgten den abschmelzenden Gletschern in das Hochgebirge, wo sie mit Ausnahme der Polarweide heute noch fortkommen.

Da uns der Gang der Untersuchung von den alpinen Vergletscherungen zur alpinen Flora geführt hat, wollen wir noch einen Augenblick bei diesem interessanten Gegenstand verweilen. Zwei Bestandteile der alpinen Flora der Gegenwart haben wir bereits kennen gelernt, den hochnordischen und den pontischen. Mit dem nordischen Inlandeis rückte auch die hochnordische Flora nach Süden vor, sie belebte die Flächen am Rande des Inlandeises und der alpinen Gletscher und mußte sich bei der Besserung des Klimas in die höchsten Bergregionen einerseits, anderseits wieder in den hohen Norden zurückziehen. Von den pontischen Pflanzen kommt das bezeichnende Rhododendron ponticum in den Alpen nicht mehr vor, wohl aber eine Anzahl anderer Formen. Endlich ist noch, wie R. v. Wettstein gezeigt hat, ein drittes, spezifisch-alpines Element vorhanden: Pflanzen, die sich bloß im Bereich der Alpen und der angrenzenden Gebirge finden und sich wahrscheinlich schon im Verlauf der Tertiärzeit in Anpassung an die alpinen Verhältnisse entwickelten, während der Eiszeit nach dem Süden und Südosten wanderten und erst danach wieder in ihre alte Heimat eindrangen.

Das nordeuropäische Landeis.

Einen ganz anderen Typus der Vereisung, als wir ihn in den Alpen kennen gelernt haben, bietet uns Nordeuropa. Im ersten Falle war ein hohes Gebirge Zentrum und Ausgangspunkt, die diluvialen Erscheinungen erwiesen sich deutlich als eine einfache Steigerung der jetzigen Gletscher, und die südliche Lage gestattete hier keine Verbreitung im allergrößten Maßstab, die Ausdehnung des Eises außerhalb des Gebirges bleibt erheblich kleiner als innerhalb. Ganz anders im Norden. Wohl sind auch hier in Skandinavien Gebirge vorhanden, die Hauptherde

Digitized by Google

der Eisverbreitung wurden. Aber obwohl sie nach Umfang und Höhe weit gegen die Alpen zurückbleiben, ist doch die Eisdecke, die hier ihren Ursprung genommen hat, unverhältnismäßig viel größer. Erratische Blöcke aus Skandinavien liegen an der englischen Küste, an der Mündung des Rheins, in Sachsen am Rande des Erzgebirges, in der polnischen Ebene am Fuße der Karpathen, bei Kiew am Dnjepr oder bei Nishnij Nowgorod an der Wolga, und der Gedanke, daß sie von Schweden oder Norwegen her durch Gletscher transportiert worden seien, die über die Becken der Nordsee und Ostsee ununterbrochen weggingen, streift ans Abenteuerliche.

Lange herrschte deshalb unbestritten die oben (S. 420) erwähnte **Drifttheorie**. Ein weites Meer sollte sich über Nordeuropa ausgebreitet, Eisberge sollten die fremden Blöcke aus dem Norden hergebracht haben. Obzwar niemals verkannt worden war, daß das nordeuropäische Diluvium keinen normalen Meeresabsatz bilden könne und das Fehlen von Meeresversteinerungen auf weite Strecken hin Bedenken erregte, schien doch die Drifttheorie die befriedigendste Erklärung des nordeuropäischen Pleistocäns zu bieten. Der Umschlag der Anschauungen ist dem schwedischen Forscher Torell zu danken. Dieser erkannte im Jahre 1875 die völlige Übereinstimmung des norddeutschen mit dem skandinavischen Pleistocän und schloß daraus auf gleiche Entstehungsweise. Da aber in Skandinavien der räumliche Zusammenhang der pleistocänen Blocklehme mit den heutigen Gletschern bestimmt hervortritt und das ganze Land in der entsprechenden Höhenlage sozusagen mit Gletscherschliffen bedeckt ist, so konnte an der Richtigkeit der **Glazialtheorie** für Skandinavien kein Zweifel bestehen. Folgerichtig mußte diese auch auf Norddeutschland übertragen werden. Eine weitere Festigung erfuhr die von den deutschen Geologen bald angenommene Glazialtheorie durch die Wiederauffindung und richtige Deutung der Gletscherschliffe von Rixdorf und Rüdersdorf bei Berlin. Seither wurden zahlreiche andere Stellen aufgefunden, wo sich der Felsboden unter dem Pleistocän gescheuert erwies. Namentlich von deutschen Geologen wurden so viele, nur mit der Glaziallehre vereinbare Thatsachen beigebracht, daß wir die Unrichtigkeit der alten Drifttheorie im einzelnen nicht zu besprechen brauchen.

Der letzte befremdliche Zug, der schließlich noch der Vorstellung einer über 6 Millionen qkm Landes ausgebreiteten und größtenteils über 1000 m mächtigen, fast ununterbrochenen Eisdecke anhaftete, und manche Schwierigkeiten im einzelnen wurden durch die nähere Untersuchung der skandinavischen und isländischen Gletscher, namentlich aber des grönländischen Inlandeises beseitigt. Hier haben wir ja ein ausgezeichnetes Beispiel solchen Binneneises vor uns (vgl. Band I, S. 552), das in enormer Mächtigkeit riesige Flächenräume fast ununterbrochen bedeckt und nur Grundmoränen am Boden fortschleift. Gering nur sind die Spuren von Oberflächenmoränen, die lediglich durch lokale Ausstülpung der Grundmoräne entstanden sind. Das grönländische Inlandeis bietet nicht nur die vollständigste Analogie zur pleistocänen Vereisung Nordeuropas und, wie wir sehen werden, auch Nordamerikas, sondern es scheint, als wäre es überhaupt nur ein Rest aus der Pleistocänzeit, eine Eisdecke, die sich (nach E. von Drygalski) unter den heutigen klimatischen Verhältnissen wahrscheinlich gar nicht hätte neu bilden können.

Finden wir die Anknüpfungspunkte für die Vorgänge der pleistocänen Vereisung Nordeuropas und die Art der Ablagerung nicht in den Alpen, sondern vielmehr im hohen Norden, so ist doch in anderer Beziehung völlige Übereinstimmung mit den alpinen Verhältnissen vorhanden. Auch in Nordeuropa sind die bestimmtesten Anzeichen einer Wiederholung der Vergletscherung, ähnlich wie in den Alpen, erkannt und nachgewiesen worden. Geschichtete Sande und zarte geschichtete Thone, die wegen der verschiedenen Färbung ihrer einzelnen Schichten den Namen Bänderthone erhalten haben, bilden die unterste Lage des Pleistocäns. Man beobachtet sie außer in Deutschland auch im südlichsten Schweden, in Schonen. Dagegen fehlen sie weiter nördlich, und zwar aus dem Grunde, weil diese Sande und Thone, ähnlich wie die fluvioglazialen

Digitized by Google

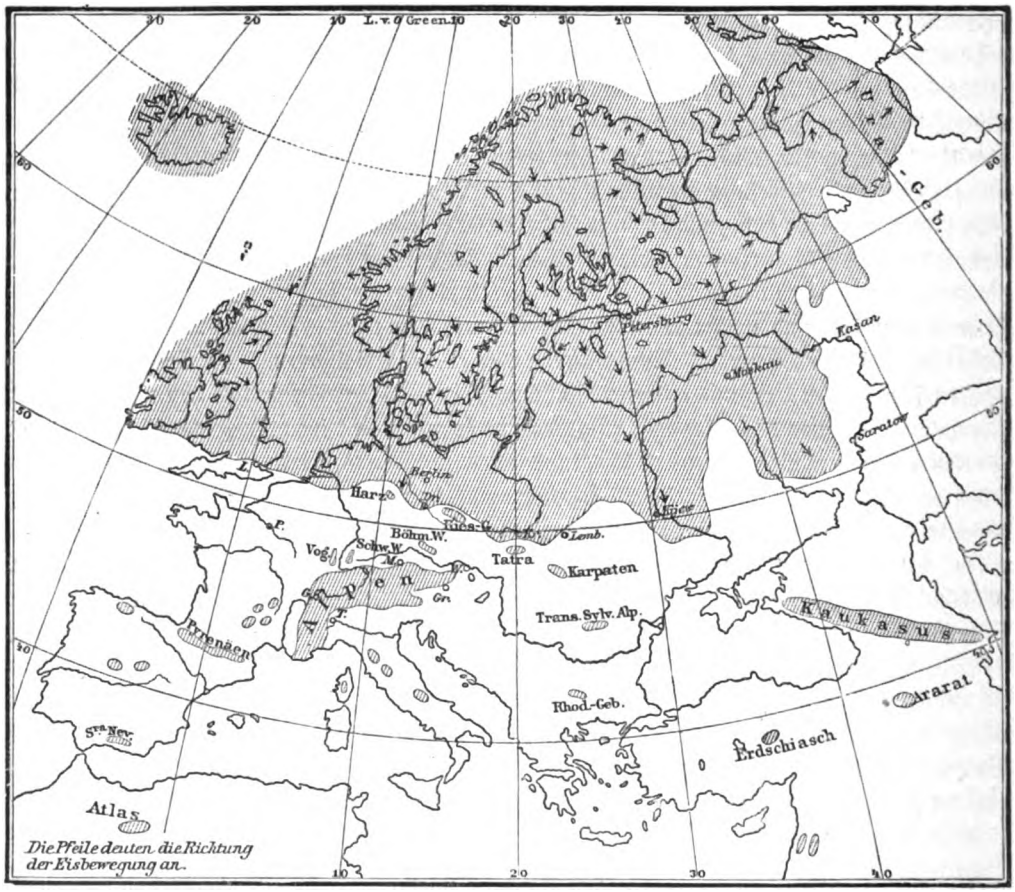
Sande der Alpen, durch jene Wässer abgelagert wurden, die dem herannahenden Inlandeis beim Vordringen über früher unvereistes Gebiet entströmten. Anschaulich haben Torell und Keilhack diesen Vorgang bei isländischen Gletschern geschildert.

„Die überall, z. B. vom Rande des Draefajökel, hervorbringenden Gletscherströme breiten über die vor dem Gletscher befindliche Ebene mitgeschwemmte Gerölle, Grus, Kies und Sand aus, und das Meer wird auch hierdurch so sehr verlandet, daß an solchen Stellen kein Hafen, wohl aber lange Sandriffe vorkommen. Die Ströme sind ebenso seicht wie zahlreich, und man kann gewöhnlich über dieselben reiten. Ein und derselbe Strom kann von mehreren kleinen zusammengesetzt sein, welche sich jedoch schließlich vereinigen. Hornefjot wird in dieser Weise in der Nähe des Gletschers in ungefähr 30 breite und reißende, aber sehr seichte Arme geteilt, welche bald getrennt sind, bald wieder zusammenfließen. Diese Ströme haben demgemäß keine bestimmten Betten, sondern diese wechseln unaufhörlich. Die Ursache davon ist ohne Zweifel die stete Umänderung der losen Ablagerungen, welche von dem strömenden Wasser ununterbrochen umgearbeitet und mitgeführt werden. Wenn diese Beobachtungen auf das erratische Gebiet der Eiszeit angewandt werden, und wenn man dazu erkennt, daß das skandinavische Binneneis sich einmal bis an die Grenze der erratischen Geschiebe ausgedehnt hat, so darf man annehmen, daß die Formationen der nordeuropäischen Ebene vor dem Binneneise von den zahllosen Gletscherströmen denudiert und umgearbeitet worden sind, so daß neue geschichtete Ablagerungen von derselben Beschaffenheit und Zusammensetzung wie der Diluvialsand und der Diluvialthon entstanden sein können, die unter solchen Umständen ihr Material sowohl von den unterliegenden Formationen als von dem vom Eise mitgebrachten fremden Gesteinen durch die Wirksamkeit der Gletscherströme erhalten haben. Dagegen würden größere Geschiebe in diesen Ablagerungen selten vorkommen. Das im Fortschritt begriffene und über diese Lager sich bewegende Eis würde dieselben später zum Teil denudieren und wohl auch durch seinen Druck Schichtstörungen hervorrufen, bis es sie endlich mit seinen Grundmoränen, Geschiebelehm, ‚Krosstenslera', bedeckte. Während der oszillatorischen Bewegungen des Eises dürften nicht selten Einlagerungen von Grundmoränen zwischen den geschichteten Lagen der Ströme entstehen können."

Über den unteren Sanden, deren Entstehung durch die Schilderung Torells außerordentlich anschaulich gemacht wird, folgt die Grundmoräne der ersten Vergletscherung, ein blöckereicher Lehm oder Mergel. Dieser untere oder blaue Blocklehm oder Geschiebelehm, der in Skandinavien Botten- oder Krosstensgrus und Krosstenslera, in Dänemark Rollstenslera genannt wird, ist eine der Hauptsache nach ungeschichtete Masse von kalkreichem, sich rauh anfühlendem Lehm mit regellos verteilten, oft kantenbestoßenen und geschrammten Geschieben, die überall im ganzen Bereiche der nordeuropäischen Vereisung dieselbe Beschaffenheit hat und dem getrockneten Grundmoränenschlamm jetziger Gletscher total ähnlich ist. Davon hat uns namentlich H. Credner überzeugt, dem es gelungen ist, an dem Pasterzengletscher (s. die Tafel bei S. 423), am Fuße des Großglockners oberhalb des unteren Endes, an einer Stelle, wo das Eis nicht dicht an der Thalwand anlag, von der Seite her eine Strecke weit unter dem Eise vorzudringen und die hier vorhandenen Ablagerungen zu untersuchen, die er folgendermaßen schildert: „Der Boden dieser subglazialen Kanäle, auf welchem die Gewässer der aus den Seitenthälern unter den Gletscher tretenden Bäche sowie die Schmelzwasser rieselten, war ebenso wie weiter unten, nahe dem unteren Gletscherende, mit grobem Sand, Kies und in diesem mit Blöcken, also mit dem ausgewaschenen Grundmoränenmaterial, bedeckt. Dagegen lagerte am Fuße der beiderseitigen Wandungen dieser Eisgewölbe zwischen dem Gletschereis und dem festen Felsgrund die echte Grundmoräne in ihrem ursprünglichen Zustande und deshalb in ihrer typischen Ausbildungsweise. Sie besteht dort aus einem zähen, bei reichlichem Wasserzutritt breiartigen grauen Lehm, der, wie man sich beim

Digitized by Google

Kneten bereits durch das Gefühl überzeugt, angefüllt ist von feinsten Gesteinskörnern und Splittern und voll steckt von kleinen und größeren, scharfeckigen und gerundeten, zum Teil geritzten Geschieben, von welchen die größten fest zwischen Eis und Felsgrund eingeklemmt waren. Ließ sich die strukturell vollkommene Übereinstimmung dieser Grundmoräne mit dem norddeutschen Geschiebelehm bereits in deren durchweichtem Zustande nicht verkennen, so erhielten die von mir abgestochenen Proben nach ihrer Trocknung geradezu eine täuschende Ähnlichkeit mit letzterem und waren von lichteren Abänderungen desselben im Handstück überhaupt kaum zu unterscheiden."



Karte der Verbreitung des nordeuropäischen Binneneises. (Hauptsächlich nach Penck.)

Da das Eis allmählich vorrückte, seine größte Ausdehnung gewann und sich dann wieder zurückzog, wurde der untere Geschiebemergel von mächtigen Sanden überzogen, dem Auswaschungs- und Abschmelzungsprodukt der Grundmoräne, und verschiedene andere interglaziale Ablagerungen, namentlich Torfmoore haben sich in diesem Zeitraum da und dort gebildet. Nochmals drang das Eis vor und überzog das Land mit einer jüngeren Grundmoräne, dem gelben oder oberen Blocklehm, der an Mächtigkeit und Verbreitung weit hinter dem unteren zurückblieb, namentlich nicht so weit nach Süden reichte.

Die ungefähre Grenze der Maximalvereisung wurde schon angedeutet. Aus dem Zentrum der Vergletscherung griff das Eis nach allen Richtungen radiär aus (s. obenstehende Abbildung). Über Finnmarken und die Halbinsel Kola floß es nach Norden und Nordosten in das arktische

Digitized by Google

Meer, vom westlichen Norwegen aus in westlicher Richtung in den Atlantischen Ozean und weiter bis über die Shetland- und Orkney-Inseln hinaus. Die aus dem südlichen Norwegen entströmenden Eismassen ergossen sich über Dänemark, das nordwestliche Deutschland und Holland, füllten die Nordsee aus, drangen bis zur Mündung des Rheins und der Themse vor und begegneten im mittleren England den Eismassen, die die selbständige lokale Vergletscherung der englischen und schottischen Gebirge lieferte. Aus dem mittleren Schweden floß das Eis über Schonen und über die Ostsee nach Deutschland bis an den Harz, das Erzgebirge und die Sudeten, während es sich aus dem nordöstlichen Schweden über den Bottnischen Meerbusen und Finnland, das nordöstliche Deutschland, Polen und den größten Teil des europäischen Rußland ausbreitete. Im äußersten Nordosten floß es mit den Gletschern zusammen, die sich im nördlichen Ural selbständig entwickelten, und erreichte das Eismeer ungefähr in der Gegend der Tscheßkaja-Bucht. Am Harz, in Sachsen, Schlesien und in Westgalizien liegen nordische Blöcke an der Südgrenze der Vereisung in Meereshöhen von 400, ja 500 m.

War sonach das Eis befähigt, sich noch am Abschmelzungsrande in so bedeutende Höhen vorzuschieben, so mußte es in den nördlicheren Teilen eine gewaltige Mächtigkeit besessen haben. Mit Berücksichtigung aller Umstände ist die Durchschnittszahl von 1000 m sehr niedrig gegriffen. Natürlich war die Ostsee, deren Tiefe nirgends 400 m erreicht, nicht im stande, eine so gewaltige Eisdecke zu heben, und so war während dieser Zeit das Becken der Ostsee, wenn es überhaupt vorhanden war, ganz mit Eis erfüllt. Ebenso konnte die größtenteils ebenfalls seichte Nordsee dem vordringenden Eise kein Halt gebieten.

Für die Bestimmung der Richtung, in der die Bewegung des Eises erfolgt ist, haben wir hauptsächlich zweierlei Anhaltspunkte: die Heimat der verschleppten Blöcke und die Richtung der Gletscherschrammen auf dem Felsgestein unter der Grundmoräne. Am deutlichsten sind wegen der allgemeinen Verbreitung der Gletscherschliffe die Hinweise in Skandinavien. Hier treten die Schrammen immer nur auf einer, der Stoßseite der Felskuppen auf, während die entgegengesetzte Leeseite rauh bleibt. Da nun benachbarte Schrammen stets eine gesetzmäßige Richtung einhalten, fällt es nicht schwer, die Zentra der Eisbildung und die im allgemeinen radial nach außen gerichtete Bewegung festzustellen. In Norddeutschland sind derartige Rundhöcker entsprechend der Gestaltung des Landes viel seltener. Auch hier ist der Unterschied zwischen Stoßseite und Leeseite kenntlich; ferner nimmt die Grundmoräne in der Richtung der Leeseite massenhafte Bruchstücke der betreffenden Felskuppe auf. Es bildet sich auf diese Weise die *lokale Grundmoräne*, die sich von dem anstehenden Vorkommen ab in der Richtung des Eisschubes fortsetzt. Die Kuppen älteren Gesteins haben einen Schweif, „sie werfen einen Schatten", eine Erscheinung, die auch anderwärts, namentlich in England, mehrfach beobachtet worden ist. Besonders zahlreich finden sich diese Schliffe, die wir hier nicht einzeln besprechen können, nahe dem Südrande der Vereisung zwischen Halle, Leipzig, Groß-Schweidnitz und Strehlen. Allerdings tritt in den hier beobachteten Richtungen wenig Gesetzmäßigkeit hervor, vermutlich, weil die hier schon wesentlich dünnere Eisdecke durch kleinere Hindernisse aus ihrer Bahn gelenkt wurde. Viel wichtiger sind diese Erscheinungen im nördlicheren Gebiet auf dem Muschelkalk von Rüdersdorf und auf dem rätischen Sandstein von Velpke und Danndorf im Braunschweigischen, wo das System der radial gegen Süden gerichteten Schrammen von jüngeren ostwestlichen Linien gekreuzt wird. Dasselbe fällt auch im südlichen Schonen, auf Bornholm und Seeland auf; hier vermutet man eine ältere und eine jüngere Eisströmung, die von Finnland aus über Livland und Esthland gegen Westen, ja selbst Nordwesten umbog und Schonen und das nördlichste Deutschland bestrich. So wird nicht nur in der Zweizahl der Grundmoränen und dem Vorhandensein von Interglazialbildungen, sondern auch in der Richtung der Gletscherschliffe die

Digitized by Google

Wiederholung der Vereisungen ausgedrückt. Ob man allerdings nur zwei, eine ältere Hauptvereisung und eine schwächere jüngere, zu unterscheiden oder noch eine dritte, ebenfalls schwächere und der größten vorausgehende Vergletscherung anzunehmen habe, bleibt unentschieden.

Eine Bestätigung der ostwestlichen Bewegungsrichtung des jüngeren Vorstoßes ergibt sich aus der Betrachtung der Geschiebe: Blöcke aus Esthland und den benachbarten Gebieten finden sich nicht nur in der Norddeutschen Ebene bis Holland, sondern auch im südlichen Schweden. Prüft man dagegen die Blöcke des unteren Geschiebelehms auf ihre Herkunft, so zeigt es sich, daß sie der Hauptsache nach aus Gegenden stammen, die nördlich bis nordöstlich von ihrem jetzigen Fundorte liegen. So herrschen in Ostpreußen, Posen und Schlesien Gesteine aus den russischen Ostseeprovinzen und namentlich aus Esthland vor, in Ost- und Westpreußen treten die finnischen Rappakiwi-Granite und die Granite der Ålandsinseln auf, in Mecklenburg, Pommern und in der Mark Brandenburg liefert Schweden ein Hauptkontingent, und daneben finden sich in Menge Geschiebe, die wahrscheinlich aus vollständig zerstörten Ablagerungen der heutigen Ostsee östlich von Schweden stammen. Im Königreich Sachsen, bei Magdeburg, in Schleswig-Holstein und Oldenburg herrscht schwedisches Material vor. Daneben treten auf der Cimbrischen Halbinsel auch schon die norwegischen Granite, Rhombenporphyre, Zirkonsyenite und Gneise auf und erstrecken sich von da nach Holland. Dabei ist es nach Dames Regel, daß Gesteine, die in ihrer Heimat große Verbreitung besitzen, auch als Geschiebe über weite Flächen ausgestreut vorkommen und umgekehrt. Im ganzen läßt sich die Hauptrichtung des Schubes aus Norden bis Nordosten und in Übereinstimmung mit dem älteren Schrammensystem eine fächerförmige Ausbreitung über die Norddeutsche Ebene deutlich verfolgen. Allerdings ist hierbei eine gewisse Einschränkung am Platze. Wohl sind die meisten dieser nordischen Gesteine, besonders die fossilreichen Blöcke der kambrischen und silurischen Formation, so charakteristisch, daß die Bestimmung der Herkunft im allgemeinen nicht schwierig ist. Da aber manche, besonders kambrische und silurische Schichten früher offenbar viel weiter verbreitet waren und ein ansehnlicher Teil des zerstörten Materials (nach Helland ungefähr 700,000 Kubikkilometer) der Grundmoräne einverleibt ist, so sind gewisse Heimatsbestimmungen nur ungefähr richtig.

Außer den nordischen enthält die Grundmoräne auch einheimische Geschiebe; und auch sie, die die Lokalfacies der Grundmoräne bedingen, strahlen im allgemeinen radial aus. Dahin gehören unter anderen die Bruchstücke von Muschelkalk, gewisse Juragesteine, die Kreidetrümmer und namentlich deren massenhafte Feuersteine, die Quarzite der Braunkohlenformation, die als Septarien bezeichneten Knollen der oligocänen Thone, der Bernstein und die bernsteinführenden Sande, die als „Sternberger Kuchen" bezeichneten fossilreichen Tertiärgesteine und die Porphyre. Wurden feste Gesteine des Untergrundes vom fortschreitenden Eis abgerissen und der Grundmoräne einverleibt, so finden wir eine andere, weit gewaltigere Einwirkung auf den Untergrund, wo er weich und wenig widerstandskräftig war. Namentlich die älteren Diluvialschichten wurden in großem Maße zerstört und ganze Schollen der älteren Thone und Sande in den Geschiebelehm aufgenommen, oder die Schichten wurden in großem Maße gequetscht, gezerrt, gestaucht und in die so entstandenen Falten Moränenmaterial hineingepreßt.

Gewisse Oberflächenerscheinungen der Norddeutschen Ebene werden mit Recht mit dem Glazialphänomen in Verbindung gebracht, so vor allem die Seenbildung, ferner die Gestaltung der großen Hauptflußthäler. Diese Gegenstände haben wir schon im ersten Bande (S. 560) näher gewürdigt; auch der geologisch jungen Dislokationen, die das Pleistocän betroffen haben, wurde schon oben gedacht. Darum wollen wir hier unsere Aufmerksamkeit den merkwürdigen Rückzugsbildungen der Vergletscherung zuwenden. In ziemlicher Ausdehnung entstanden auf der oberen Moräne Ausschlämmungssande mit kleineren Geschieben, die Decksande, in denen

Digitized by Google

selbst die ganze Mächtigkeit des oberen Geschiebemergels aufgehen kann. Das Vorkommen von Facettengeschieben (vgl. Band I, S. 581) im Decksand beweist, daß damals vom Winde bewegte Sandströmungen über die Ebene gefegt worden sind. Merkwürdiger noch als diese Bildung sind die End- oder Rückzugsmoränen, die von der dänischen Grenze bis zur Weichsel den mecklenburgisch-pommerisch-preußischen Höhenzug entlang auf einer an 1000 km langen Strecke bekannt sind. Sie bilden einen vielfach ausgebuchteten Gürtel schmaler Rücken oder Kuppen aus Geschiebelehm, übergehend in Geschiebewälle oder Steinpackungen von 10—20 m Höhe (s. die untenstehende Abbildung). Sie sind nicht etwa als äußerste Südgrenze der letzten Vergletscherung zu betrachten, sondern markieren den Stand des Eises während einer längeren Pause im Rückzuge. Da das feinere Material in dieser Periode durch Gletscherbäche ausgeschlämmt wurde,

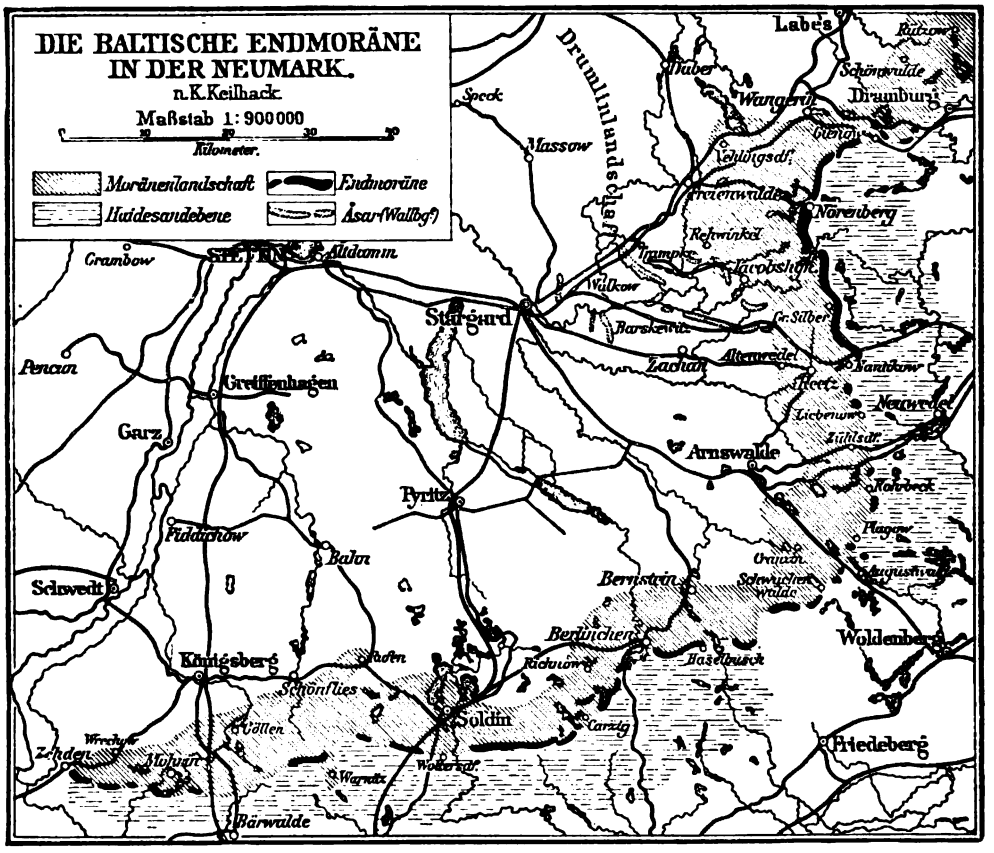
Kamm der Endmoräne Rosenberge bei Neuhof in Mecklenburg. (Nach Wahnschaffe.)

so breiten sich vor den Endmoränen weite Sandflächen aus, während das gröbere Material der Grundmoräne zurückblieb und sich zu Steinpackungen anhäufte (s. das Kärtchen der baltischen Endmoräne in der Neumark, S. 434). Noch leichter kenntlich sind diese Rückzugsmoränen in den nördlicheren Gebieten: in Skandinavien namentlich da, wo sich das schmelzende Landeis schon in die Thäler zurückgezogen und in eine Anzahl Einzelgletscher zerlegt hatte. Da entstanden nicht nur zahlreiche aufeinanderfolgende Stirn-, sondern auch Seitenmoränen. In Finnland umgibt eine Rückzugsmoräne das zentrale Seengebiet und erstreckt sich weiter unter dem Namen „Salpausselkä" aus dem Saimabecken bis in die Gegend der Stadt Joensuu.

Quer zur Richtung der Endmoränen treten an manchen Stellen langgezogene, schmale Geschieberücken, die Äsar, auf, die zwar in Norddeutschland bekannt (s. dasselbe Kärtchen), in typischer Form aber erst in Schweden entwickelt sind. Weil die Geschiebe oft Spuren von Wassertransport erkennen lassen und sich geschichtete Sande an der Zusammensetzung dieser oft viele Meilen langen und bis zu 60 m hohen Geschiebewälle beteiligen, sollte man meinen, daß fließendes Wasser bei ihrer Entstehung mitgewirkt habe. Aber dieser Annahme stehen erhebliche Schwierigkeiten entgegen; die Entstehungsweise der Äsar ist noch dunkel.

Digitized by Google

Seitlich schließen sich an den Fuß der Äsar häufig Meeresbildungen, „gehobene Muschelbänke", an, die namentlich längs der Küsten in verschiedenen Höhen über dem Meeresspiegel bis zu 200 m ansteigen. Die höchstgelegenen, ältesten Muschelschichten enthalten Konchylien, wie sie heute nur noch hoch im Norden leben. Mya truncata, Saxicava arctica in dickschaligen Varietäten, Pecten islandicus, Buccinum groenlandicum, Trophon clathratum, Yoldia arctica und andere sind charakteristische Typen dieser Gesellschaft, die sich an zahlreichen Punkten, in reichster Entwickelung wohl bei Uddevalla in Schweden, findet. Steigt man weiter ab-



Die baltische Endmoräne in der Neumark. (Nach Keilhack.) Vgl. Text, S. 433.

wärts, so trifft man Ablagerungen, wo sich mehr und mehr die heutige Nordseefauna einstellt. Erst die jüngsten, im tiefsten Niveau auftretenden Bänke des Ostseebeckens enthalten jene ärmliche und kleine Fauna, die heute die schwach gesalzenen Gewässer dieses Gebietes charakterisiert.

Diese skandinavischen Muschelbänke stammen sämtlich aus der jüngeren Pleistocänzeit. Für präglazial gelten dagegen die Thone mit Cyprina islandica und einigen anderen borealen Formen, die in Schleswig und Dänemark vorkommen, und die Thone mit Yoldia arctica, Astarte borealis, Cyprina islandica vom Frischen Haff in Westpreußen. Eine Ostsee mit schwach gesalzenem Wasser und entsprechender Fauna hat demnach beim Herannahen des nordischen Landeises nicht bestanden, wie das auch aus den skandinavischen Muschelbänken hervorgeht, wohl aber erstreckte sich ein ungefähr ostwestlicher, schmaler Meeresarm mit arktischer Fauna über Schleswig-Holstein und Dänemark bis nach Westpreußen. Man hatte früher vermutet,

Digitized by Google

daß die arktischen Formen aus dem Weißen Meere und dem nordöstlichen Eismeere über den Ladoga- und Onegasee eingewandert seien. Da aber neuere russische Forschungen in der fraglichen Gegend keine Anhaltspunkte für diese Ansicht gefunden haben, müssen die nordischen Mollusken von Westen her gekommen sein. Die Ostsee aber als ein wesentlich nordsüdliches Becken ist allem Anscheine nach eine nachglaziale Bildung.

Das Vorkommen der marinen Konchylien im norddeutschen Pleistocän beschränkt sich, wie wir gesehen haben, auf die Randteile des Gebietes. Im Inneren der Ebene treten in prä- und interglazialen Lagen zwar auch Versteinerungen auf, aber nur Land- und Süßwasserformen. In erster Linie sind Süßwasserkalke zu nennen, die von Keilhack und Wahnschaffe bei Blezig an der Berlin-Dresdener Bahn, bei Görtzke, Ülzen, Korbiskrug, bei Bienenwalde und bei Soltau in der Lüneburger Heide gefunden wurden. Sie enthalten Reste von Hirsch, Damhirsch, Reh und Rind, ferner Hecht, Karpfen und Barsch sowie eine Menge von Land- und Süßwassermollusken, die zum Teil noch heute in unseren Gegenden leben. Die wichtigste unter diesen Formen, die Sumpfschnecke Paludina diluviana, die auffallend an gewisse Typen der mittelpliocänen Paludinenschichten von Südosteuropa erinnert, ist nach Ablauf der Eiszeit in ihre alte Heimat nicht wieder zurückgekehrt, lebt aber jetzt noch an der unteren Donau. Dagegen hat Dreissensia polymorpha das Gebiet, aus dem sie durch das Eis vertrieben wurde, wieder okkupiert. Auch die ziemlich bedeutende Flora ist der Hauptsache nach aus Pflanzen zusammengesetzt, die jetzt wieder hier vorkommen: Eiche, Birke, Pappel, Weißbuche, Ahorn (Acer platanoides), Linde, Erle, Weide, Kastanie, Kiefer, Stechpalme, Heidelbeere ꝛc.

Aus der Art des Vorkommens dieser Süßwasserkalke und ihrer Lagerung zwischen den unteren Sanden und der unteren Grundmoräne geht hervor, daß sie vermutlich durch Ausschlämmung der Grundmoräne und zu einer Zeit entstanden sind, wo das Landeis zwar schon im Anrücken begriffen, aber noch nicht bis zu den betreffenden Stellen vorgedrungen war. Das Klima war zunächst noch mild; Kastanie, Linde und Ahorn lassen eher auf etwas wärmere Temperatur schließen. Dasselbe Resultat läßt sich aus den Vorkommnissen des Forestbed (Waldschicht) von Cromer an der Küste von Norfolk, der fossilreichsten präglazialen Bildung, herauslesen. Zwar wird die Marinfauna schon im obersten Pliocän, im Crag von Norwich (vgl. S. 407) von der herannahenden Eiszeit beeinflußt, nicht aber die Landflora und Fauna. Das Forestbed liegt unmittelbar über dem Crag von Norwich und unter den Glazialbildungen. Die Flora besteht hier hauptsächlich aus Eiche, Erle, Tanne, Fichte, Föhre, Eibenbaum, Haselnuß, Fieberklee, weißer und gelber Seerose. Die viel reichere Fauna enthält nicht weniger als einige fünfzig Arten, darunter die Riesenelefanten Elephas meridionalis, E. antiquus und E. primigenius (Mammut), zwei Arten von Rhinozeros, ein Hippopotamus, Pferd, Wildschwein, Urstier, zahlreiche Hirsche, wie Edelhirsch, Riesenhirsch, Reh; die Nager sind durch den Biber, das Trogontherium, ein großes biberartiges Tier, das Eichhorn und einige Feldmäuse, die Raubtiere durch den Höhlenbär, vielleicht auch den jetzt in Amerika lebenden grauen Bär, die Höhlenhyäne, Machairodus, Wolf, Fuchs, Vielfraß und Edelmarder vertreten. Auch einige Reste von Meersäugetieren haben sich in dem etwas brackischen Forestbed gefunden: ein Walroß, Finnwal, Narwal und zwei Delfine.

Diese Säugetiergesellschaft wirkt eigentümlich durch das Zusammensein von Vertretern der wärmeren Pliocänzeit, wie Elefas meridionalis und E. antiquus, Hippopotamus und anderen, mit Formen, die heute noch dieselben Gegenden bewohnen. Sicherlich war also die Temperatur damals nicht niedriger als jetzt. Freilich werden aus dem Forestbed auch nordische Arten genannt, wie der Vielfraß, der Moschusochs und das Walroß. Der Widerspruch würde sich sofort lösen, wenn wir mit Lyell annehmen, daß im Forestbed eine Vermischung von Typen stattgefunden habe, die nicht streng gleichzeitig gelebt haben. Die nordischen Tiere mögen erst mit dem Landeis

Digitized by Google

oder unmittelbar vor dessen Ausbreitung eingedrungen sein, das nicht nur die einheimische, wärmeliebende Fauna vertrieben, sondern auch seinen eigenen Lebenskreis mitgebracht hat.

Für die Flora darf diese Frage, dank den Bemühungen von A. Nathorst, in der That als in diesem Sinne gelöst betrachtet werden. Er hatte (vgl. S. 427) in Schwarzenbach in der Schweiz unmittelbar unter der Grundmoräne eine arktische Flora entdeckt, namentlich Dryas octopetala, Salix polaris, Betula nana, Arctostaphylos uva ursi, Polygonum viviparum. Systematischen Nachforschungen ist es nun gelungen, dieselbe arktische Flora auch an vielen anderen Punkten in Norfolk, Suffolk, Schweden, Norddeutschland, in Livland, Esthland, im Gouvernement Witebsk nachzuweisen. Die meisten dieser Pflanzenvorkommnisse liegen zwar unmittelbar über der Grundmoräne, in einem Süßwasserlehm, der häufig die Unterlage von Torfmooren bildet; sie stammen also aus der Zeit des ersten Eisrückzuges. Aber die Gesamtverhältnisse machen doch den Schluß unabweislich, daß die arktische Flora am Rande des großen Inlandeises zur Zeit der größten Vergletscherung von England bis nach Rußland hinein gelebt hat und beim Abschmelzen des Eises diesem nachgezogen ist.

Dann stellte sich wiederum milderes Klima ein; nun konnte auch die alte Vegetation den verlassenen Boden wieder einnehmen. Ihre Reste findet man in mehreren Torflagern, die auf dem vom Eise verlassenen Boden da und dort entstanden, z. B. in Lauenburg a. d. Elbe, in Beldorf und Groß-Bornholt in Holstein, in Klinge bei Kottbus. Um nur einige Formen dieser Pflanzenwelt zu nennen, heben wir die Föhre, Fichte, Lärche, Eiche, Hainbuche, Linde, Ahorn, Erle, Haselnuß, Zitterpappel, gelbe Schwertlilie, Schilfrohr hervor. Durch besonderen Reichtum ist namentlich das Torflager von Klinge ausgezeichnet; hier kommt auch eine pistacienähnliche Frucht (Folliculites) vor, die sich an tertiäre Typen anschließt, in der Jetztwelt dagegen wahrscheinlich ausgestorben ist, ferner der Same einer Cratopleura genannten und an die neuweltliche Brasenia purpurea sich anschließenden Pflanze.

Ungleich der Pflanzenwelt ist die präglaziale Fauna in dieser Periode nicht wieder zurückgekehrt, sondern macht einer zum Teil neuen, nordischen Platz, die namentlich durch das Mammut (Elefas primigenius), das Rhinozeros mit knöcherner Nasenscheidewand, den Riesenhirsch, das Renntier, und zwar in Norddeutschland durch die kleinere Karibu-Rasse Grönlands und der nordamerikanischen „Barren grounds", den Wildstier, das Wildpferd, den Moschusochsen, Wolf, Bär und Polarfuchs vertreten wird (vgl. unten, S. 453). Hier beschränken wir uns auf die Bemerkung, daß sie nicht etwa nur bei gelegentlichen Streifungen das norddeutsche Gebiet betraten, sondern ansässig waren. Dies geht aus der großen Anzahl der Reste, wie man sie in den interglazialen Sanden von Rixdorf bei Berlin findet, mit Sicherheit hervor.

Die Pflanzen des Diluvialtorfs haben uns zu der Annahme eines verhältnismäßig milden Klimas für die Interglazialzeit geführt, ganz so wie die Flora der Höttinger Breccie in den Nordalpen. Wie sollen wir damit das Herrschen einer nordischen Fauna in Einklang bringen? Hat die erste Vereisung die nordischen Tiere ins Land gebracht, so waren sie nach dem Rückgang des Eises vielleicht schon so verbreitet und erbgesessen, daß sie von den südlicheren Formen nicht mehr verdrängt werden konnten. Vielleicht ist aber anzunehmen, daß sich diese nordische Interglazialfauna vorwiegend nahe dem Rande der jüngeren Gletscherdecke aufgehalten hat; finden wir doch ihre Reste besonders in den Sanden zusammengeschwemmt, die von den Gletscherbächen der herannahenden jüngeren Eisdecke abgelagert wurden.

Digitized by Google

Pleistocänablagerungen in anderen Teilen Europas.

Neben dem nordeuropäischen und dem alpinen Landeis sind die Glazialerscheinungen in anderen Gegenden unseres Erdteils unbedeutend. Aus Spanien werden solche aus der Sierra Nevada angeführt; kleine Gehängegletscher bestanden am Ostabfall der Peñalara in der Sierra de Guadarrama; wahrscheinlich war auch die Sierra de Gredo vereist. In Portugal läßt die Serra da Estrella trotz verhältnismäßig geringer Höhe Spuren einer beträchtlichen Vereisung erkennen, wahrscheinlich wegen ihrer dem Atlantischen Ozean zugekehrten Lage. Größere Entwickelung erreichen die diluvialen Gletscher in den Pyrenäen, wo ihre Existenz schon seit längerer Zeit bekannt war. Keiner der Eisströme kann sich allerdings auch nur entfernt mit den größten alpinen Diluvialgletschern, mit denen des Rhône- oder des Innthales, messen; sie beschränken sich auf die Hauptthäler, ohne in dem Vorlande, das nur der Eisstrom von Gavarnie mit seinem äußersten Ende erreichte, zu einer zusammenhängenden Masse zu verschmelzen.

Italien zeigt Spuren der eiszeitlichen Vergletscherung nicht nur in der höchsten Bergmasse der Halbinsel, am Gran Sasso d'Italia (2921 m), sondern auch am Monte Petrara in den Sibillinischen Bergen, ferner im nördlichen Apennin und selbst am Monte Sirino in der südlich gelegenen Basilicata. In der gleichen Breite ist Griechenland frei von Gletscherspuren, vermutlich wegen seines trockneren Klimas, und selbst die mächtigen Gebirgsstöcke im nördlichen Teil der Balkanhalbinsel waren aus demselben Grunde nur wenig vereist: man kennt sichere Glazialspuren in Form von Moränen bisher nur vom Schar Dagh in Albanien und vom Rilo Dagh im südwestlichen Bulgarien (s. das Kärtchen, S. 430).

Im außeralpinen Frankreich war das Zentralplateau an mehreren Stellen vereist; ebenso bildeten die Mittelgebirge Deutschlands Ausgangspunkte einer selbständigen Vereisung. Am beträchtlichsten war die Gletscherentfaltung im Schwarzwald und in den Vogesen: zur Zeit der stärksten Ausbreitung bedeckte hier das Eis nach G. Steinmann alles Land bis herab zu 300 m Höhe. Schwächer war die Eisentwickelung im Böhmerwald und im Harz. Im Riesengebirge bestanden zwei Vergletscherungsgebiete, ein östliches an der Schneekoppe, ein westliches an der Großen Sturmhaube. In die Thäler herabsteigende Moränen und kleine, von Rückzugsmoränen eingeschlossene Hochseen (s. Abbildung, S. 438) bilden die sprechendsten Zeugen der ehemaligen Vereisung, die zur Zeit ihrer größten Ausdehnung den norwegischen Gletschertypus (vgl. Bd. I, S. 540) dargeboten haben muß. J. Partsch hat den Nachweis geführt, daß auch im Riesengebirge, ähnlich wie in den Alpen und im nordischen Gebiete, zwei Perioden des Gletschervorstoßes, getrennt durch eine Interglazialzeit, bestanden haben. Bis nahe an den Fuß des Riesengebirges reichte das nordische Inlandeis. Da aber die Riesengebirgsgletscher hoch oben in den Thälern endigten, so blieb ein Streifen Landes zwischen diesen und jenem eisfrei.

Geringfügig im Vergleich zu dem außerordentlichen Raum, den sie bedecken, zeigen die Karpathen Spuren alter Glazialerscheinungen. Bedeutende Gletscher waren nur in der Hohen Tatra entwickelt, jenem wilden, von zackigen Granitgipfeln gekrönten Gebirgsstock, der sich zwischen der Zipser und Liptauer Ebene im nördlichen Ungarn und dem oberen Dunajeclauf in Galizien erhebt. Schon vor langer Zeit hat Zeuschner Moränen eines alten Gletschers bei dem Hochofen von Zakopane entdeckt, und später wurden solche auch auf der Südseite nachgewiesen. Nach den eingehenderen Untersuchungen von J. Partsch und S. Roth können wir uns jetzt ein ziemlich gutes Bild davon machen. Die Tatra, deren höchste Gipfel zwischen 2500 und 2663 m Meereshöhe liegen, besteht der Hauptsache nach aus einem hohen, schroffen und zackigen Granitkamme, der aus der Zipser Ebene fast unvermittelt aufsteigt, während sich der Norden (nach

Digitized by Google

Galizien hin), wo sich jüngere Ablagerungen vorlegen, etwas allmählicher abdacht. Einen sehr auffallenden Charakter erhält das Gebirge durch die große Menge der herrlichen kleinen Seen, der „Meeraugen", die meist in bedeutender Höhe in Thalbecken, teilweise in prachtvoll entwickelten Zirkusthälern liegen (vgl. Bd. I, S. 566). Schon daraus allein könnte man darauf schließen, daß hier einst bedeutende Gletscherentwickelung stattfand. In der That liegen die meisten Seen in den alten Firnbecken und sind durch Stirnmoränen abgedämmt worden (s. Abbildung, S. 439). Entsprechend dem außerordentlich steilen Abfall der Südseite sind die Gletscher hier nicht sehr lang. Dabei war aber ihre Mächtigkeit so bedeutend, daß sie am Fuße der Hohen

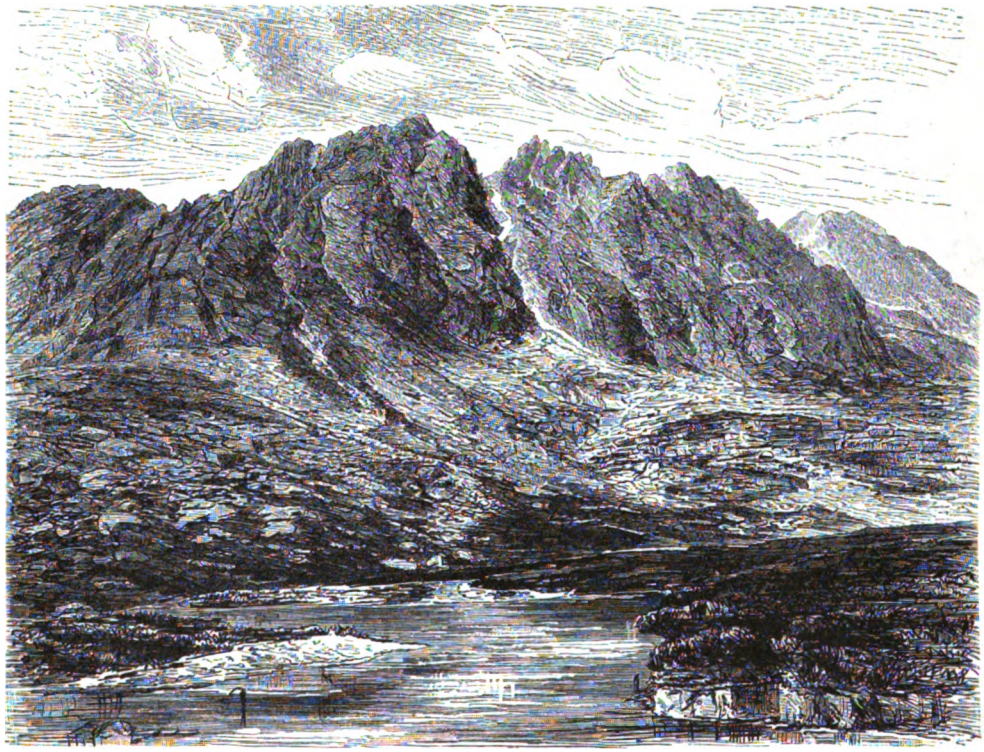
Der Große Teich, Moränensee im Riesengebirge. (Nach Photographie.) Vgl. Text, S. 437.

Tatra vom Weißwasserthal im Osten bis zum Krivan im Westen zu einem bis zu 4 km breiten Eisgürtel zusammenflossen. Am Ausgang der Hauptthäler breiten sich zum Teil trefflich erhaltene Moränenamphitheater aus, die möglicherweise der jüngeren Vergletscherungsperiode angehören. Aus dem Eise hervorbrechende Bäche überschütteten die vorliegende Zipser Hochebene mit Sand und Geschieben. Auf der Nordseite, deren Thalsystem infolge ihres sanfteren Abfalls viel entwickelter und verzweigter ist, sind die Gletscher trotz ihrer Länge und trotz der zahlreicheren Seitenzuflüsse und der nördlichen Lage weniger mächtig als auf der Südseite, weil hier die Firnkessel durchschnittlich viel kleiner sind und um etwa 280 m tiefer liegen als auf der Südseite. Nur in den Hauptthälern reichten die Gletscher bis an den Nordrand des Gebirges, ohne eine größere Ausbreitung zu erlangen. Die Endmoränen sind auf der Nordseite größtenteils verwischt und nur am Ausgang des Suchawodathales wohl erhalten. Im östlichen, weit niedrigeren Teil des Tatragebirges war die eiszeitliche Gletscherbildung viel geringer. Zwar waren die meisten Hauptthäler auch hier vergletschert, aber die Eisströme fanden hoch im Gebirge ihren Abschluß.

Digitized by Google

In den übrigen Teilen der Karpathen kam es nirgends zu einer ausgedehnteren Entfaltung des Eises. In den Liptauer Bergen scheint der Djumbir ein Eisfeld getragen zu haben, in den Ostkarpathen die Czarna Gura. Endlich sind noch durch Lehmann in den Rodnaer Alpen der Ostkarpathen und in dem Grenzgebirge zwischen Siebenbürgen und Rumänien deutliche Gletscherspuren entdeckt worden.

Im Kaukasus, der auch heute noch bedeutende Gletscher trägt, waren auch in der Diluvialzeit Eismassen vorhanden, die im Verhältnis zur Größe und Höhe des ganzen Gebirges nicht so bedeutend entwickelt sind wie in den Alpen.



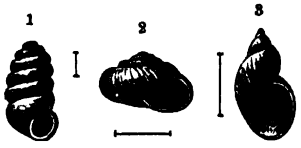
Der Felkasee bei Schmecks in der Tatra. Vgl. Text, S. 438.

Natürlich fanden während der Diluvialzeit auch in den Teilen Europas, die von der Vereisung nicht berührt wurden, Ablagerungen statt. In großer Verbreitung treten in den Flußthälern ältere Flußgerölle, Terrassen bildend, auf, die aus einer Zeit stammen, als der Fluß in einem höheren Niveau verlief als heute. Bisweilen finden sich in diesen Ablagerungen die Reste von Mammut, Rhinozeros und anderen teilweise ausgestorbenen Tieren und mit ihnen die roh aus Feuerstein bereiteten Werkzeuge der ältesten Einwohner Europas. Eine andere diluviale Bildung, die vielverbreitet vorkommt, ist Lehm. Vor allem aber ist der Löß zu nennen, dessen eigentümlicher Einfluß auf Wasserzirkulation und Terrainbeschaffenheit schon besprochen worden ist (vgl. Bd. I, S. 510—514). Hier müssen wir seine Entstehung ins Auge fassen.

Der Löß ist ein gelblichgrauer bis hellbrauner, sandiger, kalkhaltiger Lehm, der seiner ganzen Ausdehnung nach von senkrechten Haarröhren durchzogen ist und in hohem Grade zu senkrechter Zerklüftung neigt. Schichtung fehlt in der Regel vollständig; nur in manchen Gegenden sind die gewöhnlich im Löß enthaltenen sonderbaren Kalkkonkretionen, die „Lößmännchen", in

Digitized by Google

großen Abständen lagenweise angeordnet. Von Fossilresten sind an den meisten Fundorten die Schalen von Landschnecken in Menge vorhanden, selten nur Süßwasserkonchylien. Die häufigsten und bezeichnendsten unter jenen sind Helix hispida, Pupa muscorum und Succinea oblonga (s. untenstehende Abbildung). Außerdem treten an vielen Punkten Knochen von Säugetieren, bisweilen auch solche von anderen Wirbeltieren auf, deren Bedeutung wir später kennen lernen werden. Breite Flußniederungen, weite Ebenen, flache Mulden, die Abdachungen sanfterer Gebirge und Höhenzüge sind die Gebiete, wo der Löß auftritt, und in niedrigen Plateaus findet er sich auch auf Wasserscheiden und unter Umständen, die die Ablagerung durch fließendes Wasser oder in Seen fast ausschließen. In Europa verdanken die weiten Thäler des Rheines und der Donau, die niederungarische und ein Teil der polnischen Ebene dem Löß zum größten Teil ihre Fruchtbarkeit. Außerdem findet er sich im südlichen Teil von Norddeutschland, an der Elbe zwischen Meißen und Pirna, im Gebiete der Weichsel und Oder, an der Neiße, Mulde, Saale, Unstrut, Werra, Lahn, ferner im Gebiete des Mains und Neckars, im nördlichen Böhmen 2c., während er in Frankreich und in den Mittelmeerländern nur spärlich verbreitet ist, in England, Skandinavien und Rußland fast ganz fehlt. Die Mächtigkeit beträgt 10—60 m. Alle diese Vorkommnisse bleiben aber an Bedeutung und Ausdehnung sehr weit zurück gegen die Lößablagerungen Chinas, die wir durch die meisterhaften Schilderungen des Freiherrn v. Richthofen kennen.



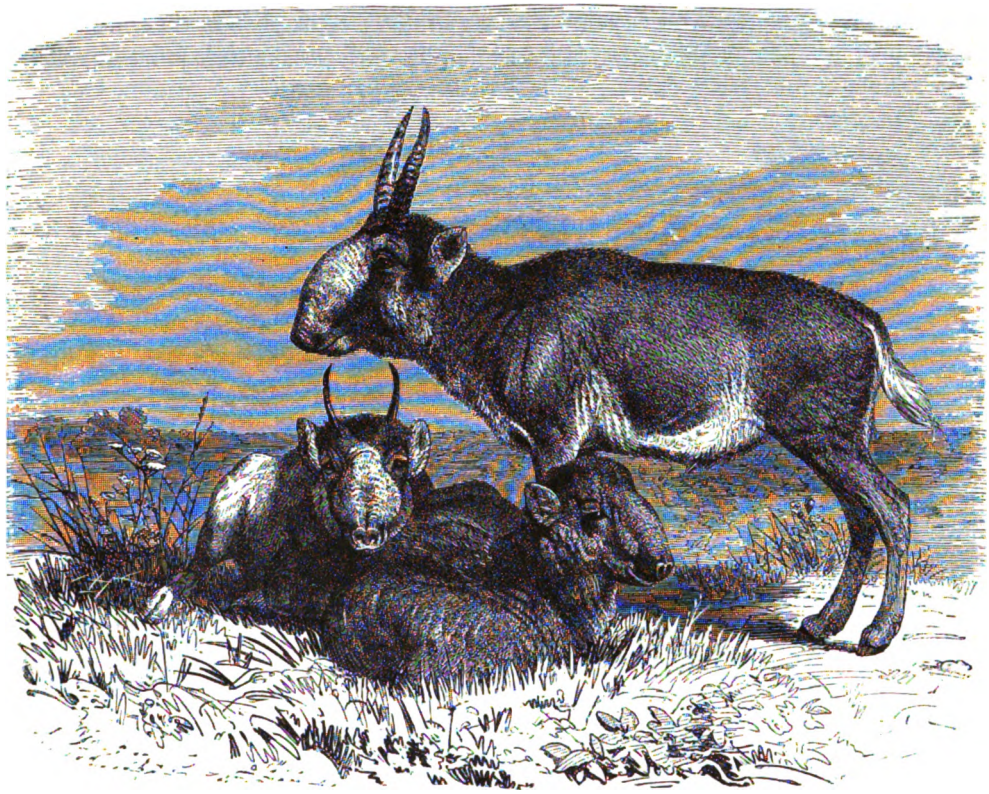
Lößschnecken: 1) Pupa muscorum; 2) Helix hispida; 3) Succinea oblonga. Alle etwas vergrößert; die beigefügten Striche bezeichnen die natürl. Größe. (Nach Sandberger.)

Eigentümlich sind in Deutschland die Beziehungen des Löß zu den Glazialablagerungen. Im Vorlande der Alpen haben wir den Löß als eine Bildung der Interglazialzeiten kennen gelernt. Er entstand in den Perioden des Eisrückganges und bedeckt sowohl Moränen als auch fluvioglaziale Terrassen. In Norddeutschland breitet er sich namentlich zwischen dem Nordrande der Mittelgebirge und dem Südrande der jüngsten Vereisung aus. Er überzieht hier die ältere Grundmoräne und ist geologisch jünger als die Hauptvergletscherung. Dasselbe ist auch am Nordabfall der Karpathen der Fall. Das häufige Vorkommen von Löß an den Rändern von Glazialgebilden hat zu der Vermutung geführt, daß er sich aus dem in den Schmelzwassern schwebenden Gletscherschlamm gebildet habe. Man hat namentlich zwischen dem Südrande der jüngsten Inlandeisdecke und den Mittelgebirgen große Seebecken angenommen, worin sich dieser Vorgang abgespielt haben soll. Aber dann müßte der Löß vor allem geschichtet, und die massenhaften Konchylien, die sich darin finden, dürften nicht fast ausschließlich Landschnecken sein. Ebenso wäre die senkrechte Zerklüftung, die Röhrchenbildung und eine Reihe anderer Eigentümlichkeiten unerklärlich, ganz abgesehen davon, daß eine Menge von Lößvorkommnissen durch ihre Lagerung auf Höhen die Annahme eines Absatzes aus einem See sehr unwahrscheinlich machen. Größere Staubecken dieser Art hätten sich auf die Dauer nicht erhalten können, sie wären abgeflossen oder in günstig gelegenen Örtlichkeiten zu kleineren Seen eingeschrumpft. Wie hätten ferner die großen Landtiere, Pferde, Wildstiere, Mammute, Nashörner, deren Reste man oft genug im Löß eingebettet findet, in einem solchen größtenteils unter Wasserbedeckung gelegenen Gebiete leben können? Eine andere Erklärung ist die, daß der Löß das Produkt von Flußüberschwemmungen sei. Im Frühling treten die Ströme über ihre Ufer und lassen Schlamm zurück; bei der größeren Stärke der diluvialen Flüsse konnten sie viel größere Massen von Sediment führen, und ihrer Wirkung wird die Bildung des Löß zugeschrieben. Das ist eine Hypothese, die dem Vorkommen in großen Flußthälern angepaßt ist.

In der That läßt sich nicht verkennen, daß die Verknüpfung der Flußterrassenschotter und Sande mit dem darüber liegenden Löß so innig ist, daß der Gedanke einer gleichartigen

Digitized by Google

Entstehung beider in manchen Fällen kaum abgewiesen werden kann. Zu unterst liegen an diesen Diluvialterrassen gewöhnlich Schotter, darüber Sande und oben in allmählichem Übergang Löß, also eine Sichtung nach der Korngröße, genau so wie an den gegenwärtig sich bildenden Flußterrassen. Bei manchen Flüssen der galizischen Sandsteinzone ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen der petrographischen Natur des Ursprungsgebietes und der Natur der Terrassen zu erkennen: besteht das Ursprungsgebiet hauptsächlich aus massigen Sandsteinen, so sind auch die Diluvialterrassen vorwiegend aus groben Geschieben und Sand mit nur dünner Lößdecke



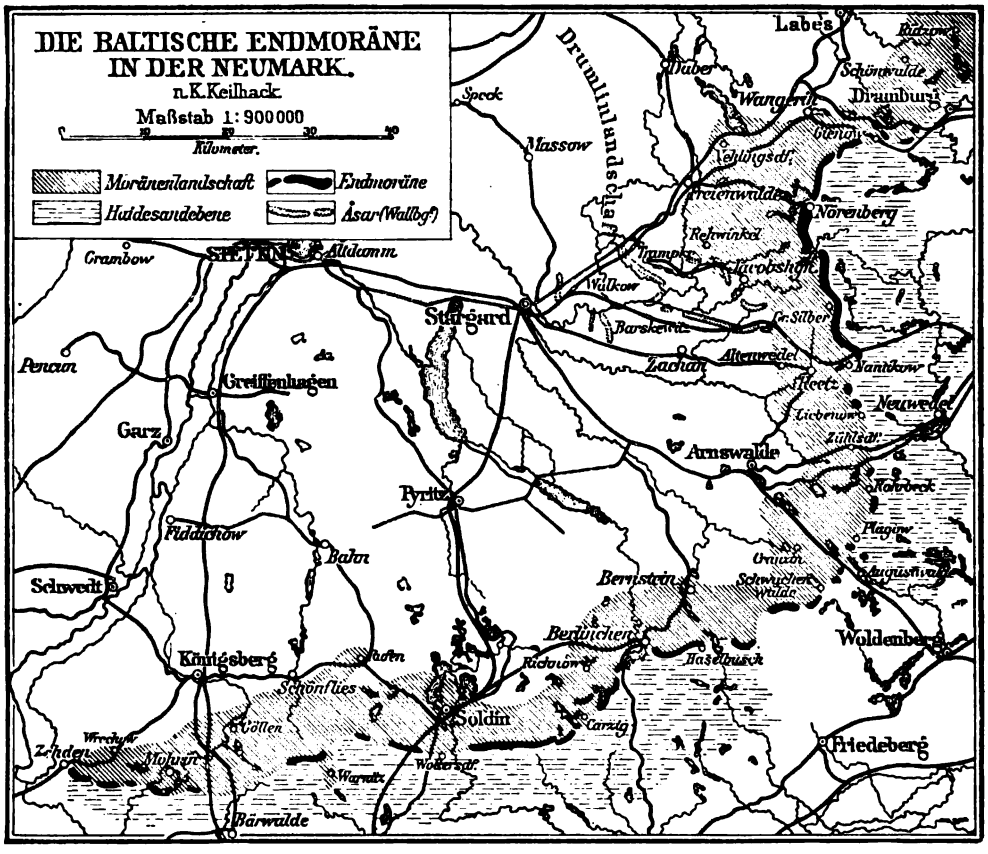
Saiga-Antilope (Saiga tatarica), jung. 1/12 natürl. Größe. Vgl. Text, S. 442.

zusammengesetzt. Durchzieht aber der Fluß vorwiegend schieferig-thoniges Land, so bestehen auch die Terrassen fast nur aus Löß. Je mehr sich diese Flüsse des Mittelgebirges oder Hügellandes der Ebene nähern, desto mächtiger wird der Lößanteil, desto schwächer die Sandbasis der Terrassen: die Flüsse konnten bei geringem Gefälle nur noch die leichten thonigen Teilchen fortschaffen. Verhältnisse dieser Art nötigen uns wohl, an der fluviatilen Entstehung des Löß, soweit er an den ebenen Flußterrassen Anteil nimmt, festzuhalten, wenn auch anderseits jener Löß, der Wasserscheiden und größere Anhöhen überzieht, gewiß anders entstanden sein muß.

Ist somit der Löß teilweise eine Flußbildung, dann sollte man unter den gegenwärtigen Flußanschwemmungen echten Löß erwarten. Statt dessen findet man aber einen vom Löß wesentlich verschiedenen, schweren gelben Lehm. Es müssen also in pleistocäner Zeit noch andere Verhältnisse bei der Lößbildung mitgewirkt haben. Ziemlich bestimmt dürfen wir dem damaligen Steppenklima die entscheidende Rolle zuschreiben. Schon lange kennt man aus dem Löß die Reste einer Anzahl von Steppentieren. Ihre wahre Bedeutung wurde aber erst durch Nehring in das richtige

Digitized by Google

Seitlich schließen sich an den Fuß der Äsar häufig Meeresbildungen, „gehobene Muschelbänke", an, die namentlich längs der Küsten in verschiedenen Höhen über dem Meeresspiegel bis zu 200 m ansteigen. Die höchstgelegenen, ältesten Muschelschichten enthalten Konchylien, wie sie heute nur noch hoch im Norden leben. Mya truncata, Saxicava arctica in dickschaligen Varietäten, Pecten islandicus, Buccinum groenlandicum, Trophon clathratum, Yoldia arctica und andere sind charakteristische Typen dieser Gesellschaft, die sich an zahlreichen Punkten, in reichster Entwickelung wohl bei Uddevalla in Schweden, findet. Steigt man weiter ab-



Die baltische Endmoräne in der Neumark. (Nach Keilhack.) Vgl. Text, S. 433.

wärts, so trifft man Ablagerungen, wo sich mehr und mehr die heutige Nordseefauna einstellt. Erst die jüngsten, im tiefsten Niveau auftretenden Bänke des Ostseebeckens enthalten jene ärmliche und kleine Fauna, die heute die schwach gesalzenen Gewässer dieses Gebietes charakterisiert.

Diese skandinavischen Muschelbänke stammen sämtlich aus der jüngeren Pleistocänzeit. Für präglazial gelten dagegen die Thone mit Cyprina islandica und einigen anderen borealen Formen, die in Schleswig und Dänemark vorkommen, und die Thone mit Yoldia arctica, Astarte borealis, Cyprina islandica vom Frischen Haff in Westpreußen. Eine Ostsee mit schwach gesalzenem Wasser und entsprechender Fauna hat demnach beim Herannahen des nordischen Landeises nicht bestanden, wie das auch aus den skandinavischen Muschelbänken hervorgeht, wohl aber erstreckte sich ein ungefähr ostwestlicher, schmaler Meeresarm mit arktischer Fauna über Schleswig-Holstein und Dänemark bis nach Westpreußen. Man hatte früher vermutet,

Digitized by Google

daß die arktischen Formen aus dem Weißen Meere und dem nordöstlichen Eismeere über den Ladoga- und Onegasee eingewandert seien. Da aber neuere russische Forschungen in der fraglichen Gegend keine Anhaltspunkte für diese Ansicht gefunden haben, müssen die nordischen Mollusken von Westen her gekommen sein. Die Ostsee aber als ein wesentlich nordsüdliches Becken ist allem Anscheine nach eine nachglaziale Bildung.

Das Vorkommen der marinen Konchylien im norddeutschen Pleistocän beschränkt sich, wie wir gesehen haben, auf die Randteile des Gebietes. Im Inneren der Ebene treten in prä- und interglazialen Lagen zwar auch Versteinerungen auf, aber nur Land- und Süßwasserformen. In erster Linie sind Süßwasserkalke zu nennen, die von Keilhack und Wahnschaffe bei Blezig an der Berlin-Dresdener Bahn, bei Görtzke, Ülzen, Korbiskrug, bei Bienenwalde und bei Soltau in der Lüneburger Heide gefunden wurden. Sie enthalten Reste von Hirsch, Damhirsch, Reh und Rind, ferner Hecht, Karpfen und Barsch sowie eine Menge von Land- und Süßwassermollusken, die zum Teil noch heute in unseren Gegenden leben. Die wichtigste unter diesen Formen, die Sumpfschnecke Paludina diluviana, die auffallend an gewisse Typen der mittelpliocänen Paludinenschichten von Südosteuropa erinnert, ist nach Ablauf der Eiszeit in ihre alte Heimat nicht wieder zurückgekehrt, lebt aber jetzt noch an der unteren Donau. Dagegen hat Dreissensia polymorpha das Gebiet, aus dem sie durch das Eis vertrieben wurde, wieder okkupiert. Auch die ziemlich bedeutende Flora ist der Hauptsache nach aus Pflanzen zusammengesetzt, die jetzt wieder hier vorkommen: Eiche, Birke, Pappel, Weißbuche, Ahorn (Acer platanoides), Linde, Erle, Weide, Kastanie, Kiefer, Stechpalme, Heidelbeere ꝛc.

Aus der Art des Vorkommens dieser Süßwasserkalke und ihrer Lagerung zwischen den unteren Sanden und der unteren Grundmoräne geht hervor, daß sie vermutlich durch Ausschlämmung der Grundmoräne und zu einer Zeit entstanden sind, wo das Landeis zwar schon im Anrücken begriffen, aber noch nicht bis zu den betreffenden Stellen vorgedrungen war. Das Klima war zunächst noch mild; Kastanie, Linde und Ahorn lassen eher auf etwas wärmere Temperatur schließen. Dasselbe Resultat läßt sich aus den Vorkommnissen des Forestbed (Waldschicht) von Cromer an der Küste von Norfolk, der fossilreichsten präglazialen Bildung, herauslesen. Zwar wird die Marinfauna schon im obersten Pliocän, im Crag von Norwich (vgl. S. 407) von der herannahenden Eiszeit beeinflußt, nicht aber die Landflora und Fauna. Das Forestbed liegt unmittelbar über dem Crag von Norwich und unter den Glazialbildungen. Die Flora besteht hier hauptsächlich aus Eiche, Erle, Tanne, Fichte, Föhre, Eibenbaum, Haselnuß, Fieberklee, weißer und gelber Seerose. Die viel reichere Fauna enthält nicht weniger als einige fünfzig Arten, darunter die Riesenelefanten Elephas meridionalis, E. antiquus und E. primigenius (Mammut), zwei Arten von Rhinozeros, ein Hippopotamus, Pferd, Wildschwein, Urstier, zahlreiche Hirsche, wie Edelhirsch, Riesenhirsch, Reh; die Nager sind durch den Biber, das Trogontherium, ein großes biberartiges Tier, das Eichhorn und einige Feldmäuse, die Raubtiere durch den Höhlenbär, vielleicht auch den jetzt in Amerika lebenden grauen Bär, die Höhlenhyäne, Machairodus, Wolf, Fuchs, Vielfraß und Edelmarder vertreten. Auch einige Reste von Meersäugetieren haben sich in dem etwas brackischen Forestbed gefunden: ein Walroß, Finnwal, Narwal und zwei Delfine.

Diese Säugetiergesellschaft wirkt eigentümlich durch das Zusammensein von Vertretern der wärmeren Pliocänzeit, wie Elefas meridionalis und E. antiquus, Hippopotamus und anderen, mit Formen, die heute noch dieselben Gegenden bewohnen. Sicherlich war also die Temperatur damals nicht niedriger als jetzt. Freilich werden aus dem Forestbed auch nordische Arten genannt, wie der Vielfraß, der Moschusochs und das Walroß. Der Widerspruch würde sich sofort lösen, wenn wir mit Lyell annehmen, daß im Forestbed eine Vermischung von Typen stattgefunden habe, die nicht streng gleichzeitig gelebt haben. Die nordischen Tiere mögen erst mit dem Landeis

Digitized by Google

oder unmittelbar vor dessen Ausbreitung eingedrungen sein, das nicht nur die einheimische, wärmeliebende Fauna vertrieben, sondern auch seinen eigenen Lebenskreis mitgebracht hat.

Für die Flora darf diese Frage, dank den Bemühungen von A. Nathorst, in der That als in diesem Sinne gelöst betrachtet werden. Er hatte (vgl. S. 427) in Schwarzenbach in der Schweiz unmittelbar unter der Grundmoräne eine arktische Flora entdeckt, namentlich Dryas octopetala, Salix polaris, Betula nana, Arctostaphylos uva ursi, Polygonum viviparum. Systematischen Nachforschungen ist es nun gelungen, dieselbe arktische Flora auch an vielen anderen Punkten in Norfolk, Suffolk, Schweden, Norddeutschland, in Livland, Esthland, im Gouvernement Witebsk nachzuweisen. Die meisten dieser Pflanzenvorkommnisse liegen zwar unmittelbar über der Grundmoräne, in einem Süßwasserlehm, der häufig die Unterlage von Torfmooren bildet; sie stammen also aus der Zeit des ersten Eisrückzuges. Aber die Gesamtverhältnisse machen doch den Schluß unabweislich, daß die arktische Flora am Rande des großen Inlandeises zur Zeit der größten Vergletscherung von England bis nach Rußland hinein gelebt hat und beim Abschmelzen des Eises diesem nachgezogen ist.

Dann stellte sich wiederum milderes Klima ein; nun konnte auch die alte Vegetation den verlassenen Boden wieder einnehmen. Ihre Reste findet man in mehreren Torflagern, die auf dem vom Eise verlassenen Boden da und dort entstanden, z. B. in Lauenburg a. d. Elbe, in Beldorf und Groß-Bornholt in Holstein, in Klinge bei Kottbus. Um nur einige Formen dieser Pflanzenwelt zu nennen, heben wir die Föhre, Fichte, Lärche, Eiche, Hainbuche, Linde, Ahorn, Erle, Haselnuß, Zitterpappel, gelbe Schwertlilie, Schilfrohr hervor. Durch besonderen Reichtum ist namentlich das Torflager von Klinge ausgezeichnet; hier kommt auch eine pistacienähnliche Frucht (Folliculites) vor, die sich an tertiäre Typen anschließt, in der Jetztwelt dagegen wahrscheinlich ausgestorben ist, ferner der Same einer Cratopleura genannten und an die neuweltliche Brasenia purpurea sich anschließenden Pflanze.

Ungleich der Pflanzenwelt ist die präglaziale Fauna in dieser Periode nicht wieder zurückgekehrt, sondern macht einer zum Teil neuen, nordischen Platz, die namentlich durch das Mammut (Elefas primigenius), das Rhinozeros mit knöcherner Nasenscheidewand, den Riesenhirsch, das Renntier, und zwar in Norddeutschland durch die kleinere Karibu-Rasse Grönlands und der nordamerikanischen „Barren grounds", den Wildstier, das Wildpferd, den Moschusochsen, Wolf, Bär und Polarfuchs vertreten wird (vgl. unten, S. 453). Hier beschränken wir uns auf die Bemerkung, daß sie nicht etwa nur bei gelegentlichen Streifungen das norddeutsche Gebiet betraten, sondern ansässig waren. Dies geht aus der großen Anzahl der Reste, wie man sie in den interglazialen Sanden von Rixdorf bei Berlin findet, mit Sicherheit hervor.

Die Pflanzen des Diluvialtorfs haben uns zu der Annahme eines verhältnismäßig milden Klimas für die Interglazialzeit geführt, ganz so wie die Flora der Höttinger Breccie in den Nordalpen. Wie sollen wir damit das Herrschen einer nordischen Fauna in Einklang bringen? Hat die erste Vereisung die nordischen Tiere ins Land gebracht, so waren sie nach dem Rückgang des Eises vielleicht schon so verbreitet und erbgesessen, daß sie von den südlicheren Formen nicht mehr verdrängt werden konnten. Vielleicht ist aber anzunehmen, daß sich diese nordische Interglazialfauna vorwiegend nahe dem Rande der jüngeren Gletscherdecke aufgehalten hat; finden wir doch ihre Reste besonders in den Sanden zusammengeschwemmt, die von den Gletscherbächen der herannahenden jüngeren Eisdecke abgelagert wurden.

Digitized by Google

Pleistocänablagerungen in anderen Teilen Europas.

Neben dem nordeuropäischen und dem alpinen Landeis sind die Glazialerscheinungen in anderen Gegenden unseres Erdteils unbedeutend. Aus Spanien werden solche aus der Sierra Nevada angeführt; kleine Gehängegletscher bestanden am Ostabfall der Peñalara in der Sierra de Guadarrama; wahrscheinlich war auch die Sierra de Gredo vereist. In Portugal läßt die Serra da Estrella trotz verhältnismäßig geringer Höhe Spuren einer beträchtlichen Vereisung erkennen, wahrscheinlich wegen ihrer dem Atlantischen Ozean zugekehrten Lage. Größere Entwickelung erreichen die diluvialen Gletscher in den Pyrenäen, wo ihre Existenz schon seit längerer Zeit bekannt war. Keiner der Eisströme kann sich allerdings auch nur entfernt mit den größten alpinen Diluvialgletschern, mit denen des Rhône- oder des Innthales, messen; sie beschränken sich auf die Hauptthäler, ohne in dem Vorlande, das nur der Eisstrom von Gavarnie mit seinem äußersten Ende erreichte, zu einer zusammenhängenden Masse zu verschmelzen.

Italien zeigt Spuren der eiszeitlichen Vergletscherung nicht nur in der höchsten Bergmasse der Halbinsel, am Gran Sasso d'Italia (2921 m), sondern auch am Monte Petrara in den Sibillinischen Bergen, ferner im nördlichen Apennin und selbst am Monte Sirino in der südlich gelegenen Basilicata. In der gleichen Breite ist Griechenland frei von Gletscherspuren, vermutlich wegen seines trockneren Klimas, und selbst die mächtigen Gebirgsstöcke im nördlichen Teil der Balkanhalbinsel waren aus demselben Grunde nur wenig vereist: man kennt sichere Glazialspuren in Form von Moränen bisher nur vom Schar Dagh in Albanien und vom Rilo Dagh im südwestlichen Bulgarien (s. das Kärtchen, S. 430).

Im außeralpinen Frankreich war das Zentralplateau an mehreren Stellen vereist; ebenso bildeten die Mittelgebirge Deutschlands Ausgangspunkte einer selbständigen Vereisung. Am beträchtlichsten war die Gletscherentfaltung im Schwarzwald und in den Vogesen: zur Zeit der stärksten Ausbreitung bedeckte hier das Eis nach G. Steinmann alles Land bis herab zu 300 m Höhe. Schwächer war die Eisentwickelung im Böhmerwald und im Harz. Im Riesengebirge bestanden zwei Vergletscherungsgebiete, ein östliches an der Schneekoppe, ein westliches an der Großen Sturmhaube. In die Thäler herabsteigende Moränen und kleine, von Rückzugsmoränen eingeschlossene Hochseen (s. Abbildung, S. 438) bilden die sprechendsten Zeugen der ehemaligen Vereisung, die zur Zeit ihrer größten Ausdehnung den norwegischen Gletschertypus (vgl. Bd. I, S. 540) dargeboten haben muß. J. Partsch hat den Nachweis geführt, daß auch im Riesengebirge, ähnlich wie in den Alpen und im nordischen Gebiete, zwei Perioden des Gletschervorstoßes, getrennt durch eine Interglazialzeit, bestanden haben. Bis nahe an den Fuß des Riesengebirges reichte das nordische Inlandeis. Da aber die Riesengebirgsgletscher hoch oben in den Thälern endigten, so blieb ein Streifen Landes zwischen diesen und jenem eisfrei.

Geringfügig im Vergleich zu dem außerordentlichen Raum, den sie bedecken, zeigen die Karpathen Spuren alter Glazialerscheinungen. Bedeutende Gletscher waren nur in der Hohen Tatra entwickelt, jenem wilden, von zackigen Granitgipfeln gekrönten Gebirgsstock, der sich zwischen der Zipser und Liptauer Ebene im nördlichen Ungarn und dem oberen Dunajeclauf in Galizien erhebt. Schon vor langer Zeit hat Zeuschner Moränen eines alten Gletschers bei dem Hochofen von Zakopane entdeckt, und später wurden solche auch auf der Südseite nachgewiesen. Nach den eingehenderen Untersuchungen von J. Partsch und S. Roth können wir uns jetzt ein ziemlich gutes Bild davon machen. Die Tatra, deren höchste Gipfel zwischen 2500 und 2663 m Meereshöhe liegen, besteht der Hauptsache nach aus einem hohen, schroffen und zackigen Granitkamme, der aus der Zipser Ebene fast unvermittelt aufsteigt, während sich der Norden (nach

Digitized by Google

Galizien hin), wo sich jüngere Ablagerungen vorlegen, etwas allmählicher abdacht. Einen sehr auffallenden Charakter erhält das Gebirge durch die große Menge der herrlichen kleinen Seen, der „Meeraugen", die meist in bedeutender Höhe in Thalbecken, teilweise in prachtvoll entwickelten Zirkusthälern liegen (vgl. Bd. I, S. 566). Schon daraus allein könnte man darauf schließen, daß hier einst bedeutende Gletscherentwickelung stattfand. In der That liegen die meisten Seen in den alten Firnbecken und sind durch Stirnmoränen abgedämmt worden (s. Abbildung, S. 439). Entsprechend dem außerordentlich steilen Abfall der Südseite sind die Gletscher hier nicht sehr lang. Dabei war aber ihre Mächtigkeit so bedeutend, daß sie am Fuße der Hohen

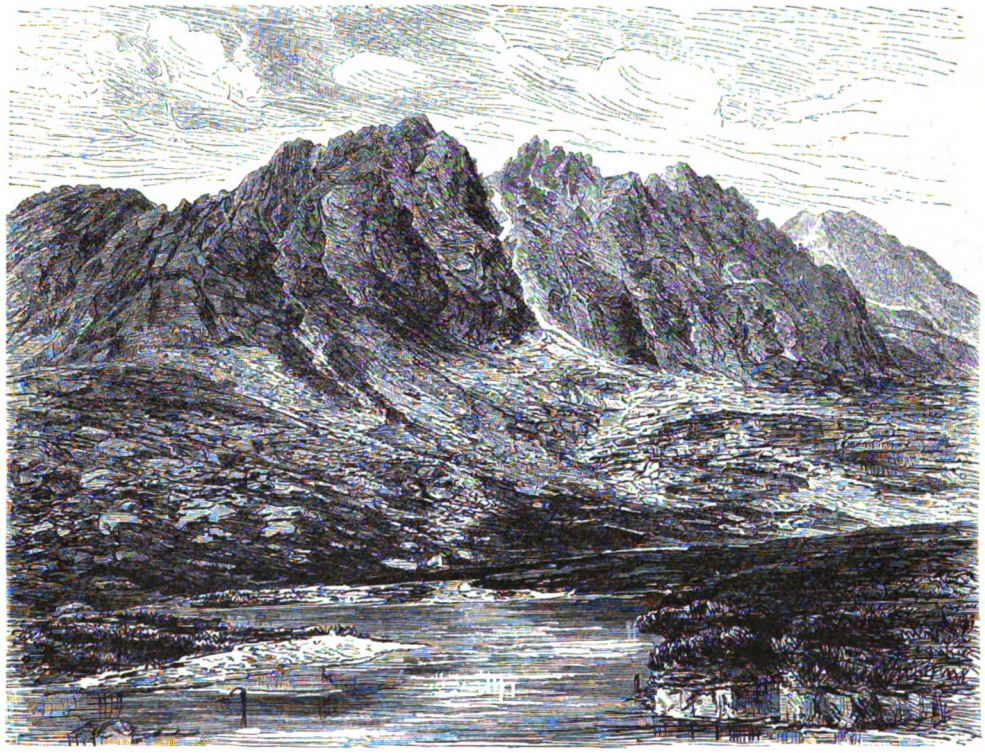
Der Große Teich, Moränensee im Riesengebirge. (Nach Photographie.) Vgl. Text, S. 437.

Tatra vom Weißwasserthal im Osten bis zum Krivan im Westen zu einem bis zu 4 km breiten Eisgürtel zusammenflossen. Am Ausgang der Hauptthäler breiten sich zum Teil trefflich erhaltene Moränenamphitheater aus, die möglicherweise der jüngeren Vergletscherungsperiode angehören. Aus dem Eise hervorbrechende Bäche überschütteten die vorliegende Zipser Hochebene mit Sand und Geschieben. Auf der Nordseite, deren Thalsystem infolge ihres sanfteren Abfalls viel entwickelter und verzweigter ist, sind die Gletscher trotz ihrer Länge und trotz der zahlreicheren Seitenzuflüsse und der nördlichen Lage weniger mächtig als auf der Südseite, weil hier die Firnkessel durchschnittlich viel kleiner sind und um etwa 280 m tiefer liegen als auf der Südseite. Nur in den Hauptthälern reichten die Gletscher bis an den Nordrand des Gebirges, ohne eine größere Ausbreitung zu erlangen. Die Endmoränen sind auf der Nordseite größtenteils verwischt und nur am Ausgang des Suchawodathales wohl erhalten. Im östlichen, weit niedrigeren Teil des Tatragebirges war die eiszeitliche Gletscherbildung viel geringer. Zwar waren die meisten Hauptthäler auch hier vergletschert, aber die Eisströme fanden hoch im Gebirge ihren Abschluß.

Digitized by Google

In den übrigen Teilen der Karpathen kam es nirgends zu einer ausgedehnteren Entfaltung des Eises. In den Liptauer Bergen scheint der Djumbir ein Eisfeld getragen zu haben, in den Ostkarpathen die Czarna Gura. Endlich sind noch durch Lehmann in den Rodnaer Alpen der Ostkarpathen und in dem Grenzgebirge zwischen Siebenbürgen und Rumänien deutliche Gletscherspuren entdeckt worden.

Im Kaukasus, der auch heute noch bedeutende Gletscher trägt, waren auch in der Diluvialzeit Eismassen vorhanden, die im Verhältnis zur Größe und Höhe des ganzen Gebirges nicht so bedeutend entwickelt sind wie in den Alpen.



Der Felkasee bei Schmecks in der Tatra. Vgl. Text, S. 438.

Natürlich fanden während der Diluvialzeit auch in den Teilen Europas, die von der Vereisung nicht berührt wurden, Ablagerungen statt. In großer Verbreitung treten in den Flußthälern ältere Flußgerölle, Terrassen bildend, auf, die aus einer Zeit stammen, als der Fluß in einem höheren Niveau verlief als heute. Bisweilen finden sich in diesen Ablagerungen die Reste von Mammut, Rhinozeros und anderen teilweise ausgestorbenen Tieren und mit ihnen die roh aus Feuerstein bereiteten Werkzeuge der ältesten Einwohner Europas. Eine andere diluviale Bildung, die vielverbreitet vorkommt, ist Lehm. Vor allem aber ist der Löß zu nennen, dessen eigentümlicher Einfluß auf Wasserzirkulation und Terrainbeschaffenheit schon besprochen worden ist (vgl. Bd. I, S. 510—514). Hier müssen wir seine Entstehung ins Auge fassen.

Der Löß ist ein gelblichgrauer bis hellbrauner, sandiger, kalkhaltiger Lehm, der seiner ganzen Ausdehnung nach von senkrechten Haarröhren durchzogen ist und in hohem Grade zu senkrechter Zerklüftung neigt. Schichtung fehlt in der Regel vollständig; nur in manchen Gegenden sind die gewöhnlich im Löß enthaltenen sonderbaren Kalkkonkretionen, die „Lößmännchen", in

Digitized by Google

großen Abständen lagenweise angeordnet. Von Fossilresten sind an den meisten Fundorten die Schalen von Landschnecken in Menge vorhanden, selten nur Süßwasserkonchylien. Die häufigsten und bezeichnendsten unter jenen sind Helix hispida, Pupa muscorum und Succinea oblonga (s. untenstehende Abbildung). Außerdem treten an vielen Punkten Knochen von Säugetieren, bisweilen auch solche von anderen Wirbeltieren auf, deren Bedeutung wir später kennen lernen werden. Breite Flußniederungen, weite Ebenen, flache Mulden, die Abdachungen sanfterer Gebirge und Höhenzüge sind die Gebiete, wo der Löß auftritt, und in niedrigen Plateaus findet er sich auch auf Wasserscheiden und unter Umständen, die die Ablagerung durch fließendes Wasser oder in Seen fast ausschließen. In Europa verdanken die weiten Thäler des Rheines und der Donau, die niederungarische und ein Teil der polnischen Ebene dem Löß zum größten Teil ihre Fruchtbarkeit. Außerdem findet er sich im südlichen Teil von Norddeutschland, an der Elbe zwischen Meißen und Pirna, im Gebiete der Weichsel und Oder, an der Neiße, Mulde, Saale, Unstrut, Werra, Lahn, ferner im Gebiete des Mains und Neckars, im nördlichen Böhmen 2c., während er in Frankreich und in den Mittelmeerländern nur spärlich verbreitet ist, in England, Skandinavien und Rußland fast ganz fehlt. Die Mächtigkeit beträgt 10—60 m. Alle diese Vorkommnisse bleiben aber an Bedeutung und Ausdehnung sehr weit zurück gegen die Lößablagerungen Chinas, die wir durch die meisterhaften Schilderungen des Freiherrn v. Richthofen kennen.

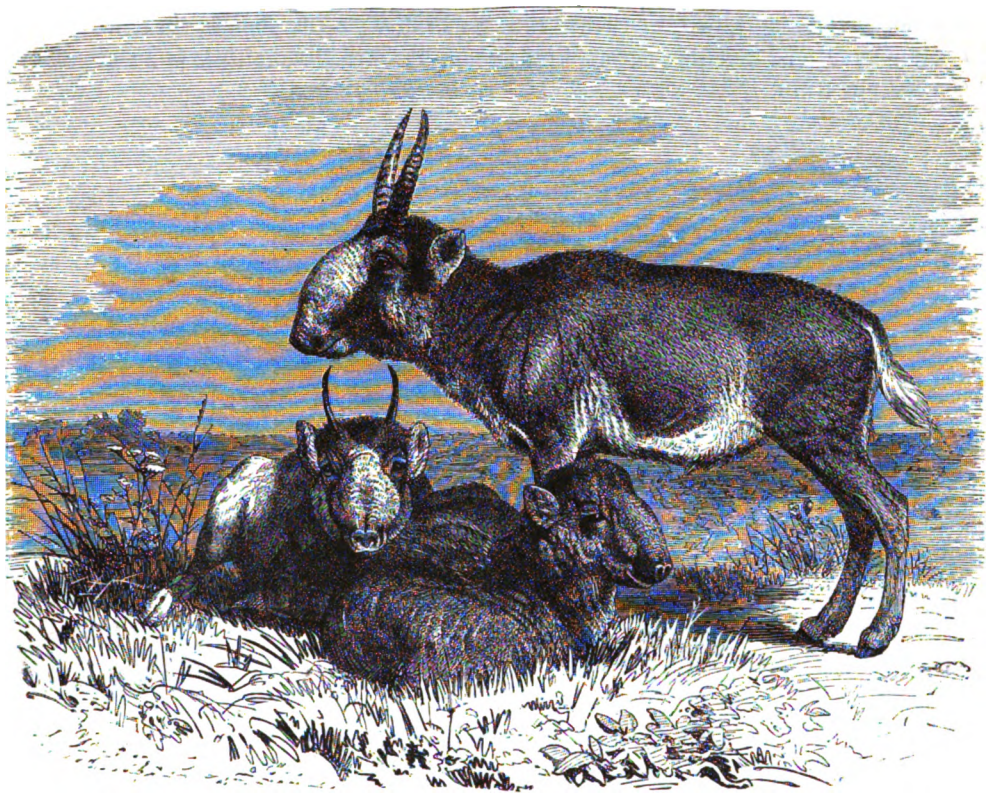
Lößschnecken: 1) Pupa muscorum; 2) Helix hispida; 3) Succinea oblonga. Alle etwas vergrößert; die beigefügten Striche bezeichnen die natürl. Größe. (Nach Sandberger.)

Eigentümlich sind in Deutschland die Beziehungen des Löß zu den Glazialablagerungen. Im Vorlande der Alpen haben wir den Löß als eine Bildung der Interglazialzeiten kennen gelernt. Er entstand in den Perioden des Eisrückganges und bedeckt sowohl Moränen als auch fluvioglaziale Terrassen. In Norddeutschland breitet er sich namentlich zwischen dem Nordrande der Mittelgebirge und dem Südrande der jüngsten Vereisung aus. Er überzieht hier die ältere Grundmoräne und ist geologisch jünger als die Hauptvergletscherung. Dasselbe ist auch am Nordabfall der Karpathen der Fall. Das häufige Vorkommen von Löß an den Rändern von Glazialgebilden hat zu der Vermutung geführt, daß er sich aus dem in den Schmelzwassern schwebenden Gletscherschlamm gebildet habe. Man hat namentlich zwischen dem Südrande der jüngsten Inlandeisdecke und den Mittelgebirgen große Seebecken angenommen, worin sich dieser Vorgang abgespielt haben soll. Aber dann müßte der Löß vor allem geschichtet, und die massenhaften Konchylien, die sich darin finden, dürften nicht fast ausschließlich Landschnecken sein. Ebenso wäre die senkrechte Zerklüftung, die Röhrchenbildung und eine Reihe anderer Eigentümlichkeiten unerklärlich, ganz abgesehen davon, daß eine Menge von Lößvorkommnissen durch ihre Lagerung auf Höhen die Annahme eines Absatzes aus einem See sehr unwahrscheinlich machen. Größere Staubecken dieser Art hätten sich auf die Dauer nicht erhalten können, sie wären abgeflossen oder in günstig gelegenen Örtlichkeiten zu kleineren Seen eingeschrumpft. Wie hätten ferner die großen Landtiere, Pferde, Wildstiere, Mammute, Nashörner, deren Reste man oft genug im Löß eingebettet findet, in einem solchen größtenteils unter Wasserbedeckung gelegenen Gebiete leben können? Eine andere Erklärung ist die, daß der Löß das Produkt von Flußüberschwemmungen sei. Im Frühling treten die Ströme über ihre Ufer und lassen Schlamm zurück; bei der größeren Stärke der diluvialen Flüsse konnten sie viel größere Massen von Sediment führen, und ihrer Wirkung wird die Bildung des Löß zugeschrieben. Das ist eine Hypothese, die dem Vorkommen in großen Flußthälern angepaßt ist.

In der That läßt sich nicht verkennen, daß die Verknüpfung der Flußterrassenschotter und Sande mit dem darüber liegenden Löß so innig ist, daß der Gedanke einer gleichartigen

Digitized by Google

Entstehung beider in manchen Fällen kaum abgewiesen werden kann. Zu unterst liegen an diesen Diluvialterrassen gewöhnlich Schotter, darüber Sande und oben in allmählichem Übergang Löß, also eine Sichtung nach der Korngröße, genau so wie an den gegenwärtig sich bildenden Flußterrassen. Bei manchen Flüssen der galizischen Sandsteinzone ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen der petrographischen Natur des Ursprungsgebietes und der Natur der Terrassen zu erkennen: besteht das Ursprungsgebiet hauptsächlich aus massigen Sandsteinen, so sind auch die Diluvialterrassen vorwiegend aus groben Geschieben und Sand mit nur dünner Lößdecke



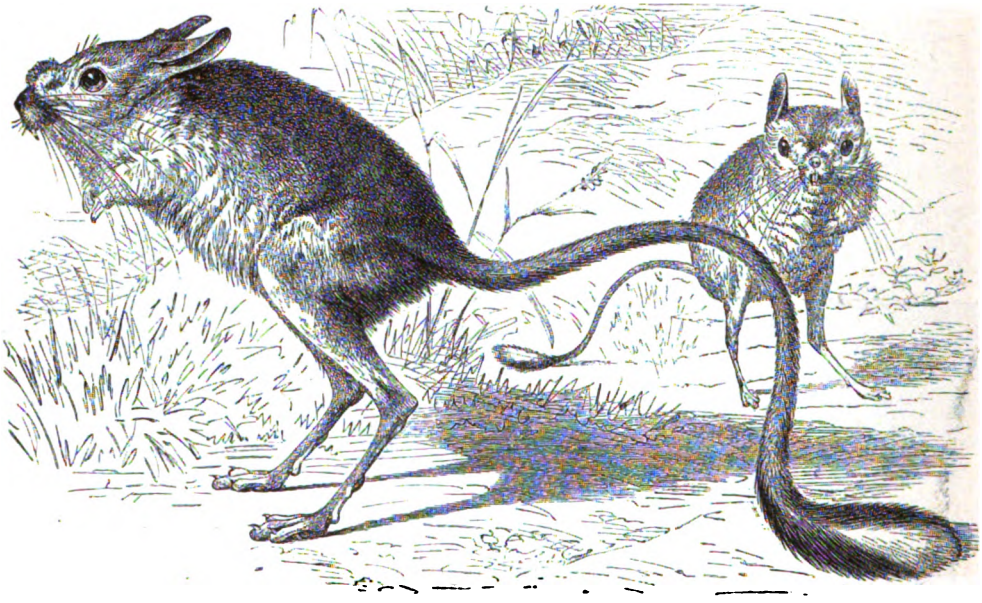
Saiga-Antilope (Saiga tatarica), jung. 1/12 natürl. Größe. Vgl. Text, S. 442.

zusammengesetzt. Durchzieht aber der Fluß vorwiegend schieferig-thoniges Land, so bestehen auch die Terrassen fast nur aus Löß. Je mehr sich diese Flüsse des Mittelgebirges oder Hügellandes der Ebene nähern, desto mächtiger wird der Lößanteil, desto schwächer die Sandbasis der Terrassen: die Flüsse konnten bei geringem Gefälle nur noch die leichten thonigen Teilchen fortschaffen. Verhältnisse dieser Art nötigen uns wohl, an der fluviatilen Entstehung des Löß, soweit er an den ebenen Flußterrassen Anteil nimmt, festzuhalten, wenn auch anderseits jener Löß, der Wasserscheiden und größere Anhöhen überzieht, gewiß anders entstanden sein muß.

Ist somit der Löß teilweise eine Flußbildung, dann sollte man unter den gegenwärtigen Flußanschwemmungen echten Löß erwarten. Statt dessen findet man aber einen vom Löß wesentlich verschiedenen, schweren gelben Lehm. Es müssen also in pleistocäner Zeit noch andere Verhältnisse bei der Lößbildung mitgewirkt haben. Ziemlich bestimmt dürfen wir dem damaligen Steppenklima die entscheidende Rolle zuschreiben. Schon lange kennt man aus dem Löß die Reste einer Anzahl von Steppentieren. Ihre wahre Bedeutung wurde aber erst durch Nehring in das richtige

Digitized by Google

Licht gerückt, der namentlich aus den mit Löß und lößähnlichen Bildungen erfüllten Gipshöhlen von Thiede und Westeregeln im Braunschweigischen einen ungeahnten Reichtum von Tieren nachgewiesen hat, die heute die Steppen Osteuropas und Südwestsibiriens bewohnen. Von diesen Formen war z. B. die Steppenantilope oder Saiga (s. Abbildung, S. 441) bis nach England hin verbreitet; ihr schließt sich das Wildpferd, der Wildesel, Kulan oder Dschiggetai Zentralasiens an. Vor allen aber sind zahlreiche Nager zu nennen: der Bobak oder das Steppenmurmeltier, der große Pferdespringer (Alactaga jaculus; s. untenstehende Abbildung), das rötliche Ziesel (Spermophilus rufescens), der Zwergpfeifhase (Lagomys pusillus), ferner mehrere Feldmäuse und zwei Hamsterarten, von denen eine, der kleine Cricetus phaeus, ein echtes Steppentier, bis nach Verona und Pisa nachgewiesen worden ist. Der Bestand einer so ausgesprochenen



Pferdespringer (Alactaga jaculus). 2/5 natürl. Größe.

Steppenfauna ist an kontinentales, trockenes Klima gebunden: ein solches muß als Nachklang der Eiszeit in West- und Mitteleuropa zur Zeit der Lößbildung geherrscht haben. Gewaltige Staubstürme, wie sie heute die osteuropäischen und asiatischen Steppen durchbrausen, müssen sich auch damals ereignet und über weite Flächen diesen Staub niedergeschlagen haben. Nehmen wir eine mit Gras bewachsene Steppengegend an mit einer für einen großen Teil des Jahres verdorrenden Vegetation, deren Boden durch die sich anhäufenden Staubmassen allmählich erhöht wird, so wird sich ein Sediment wie der Löß bilden müssen. Schichtung kann sich nicht entwickeln, die lockere Konsistenz, das feine, gleichmäßige Korn des Löß wird durch diese Art der Ablagerung gut erklärt, und die eigentümlichen senkrechten Röhren entsprechen den Wurzeln der Steppengräser, die diese Hohlräume beim Absterben zurücklassen. Da eine solche Ablagerung Thäler und Anhöhen gleichmäßig überziehen muß, so erklärt diese Anschauung über die Bildungsweise des Löß auch sein Auftreten auf Anhöhen und Wasserscheiden, das der fluviatilen Theorie unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet. Deshalb hat diese subaërische oder äolische Theorie der Lößbildung, die F. v. Richthofen auf Grund seiner Erfahrungen in China aufgestellt hat, trotz ihres befremdenden Charakters zahlreiche Anhänger gefunden.

Digitized by Google

Hat sich auch in dieser Weise Löß gebildet, so schließt dies doch nicht aus, daß in Thälern bei Überschwemmungen, die auch in den heutigen Steppen einen gewaltigen Umfang annehmen können, Schlamm abgesetzt wurde, der in der trockenen Zeit unter der Einwirkung des Steppenklimas von Stürmen aufgewirbelt, subaërisch umgelagert und in Löß umgewandelt wurde. Auch auf solchen Flächen mußte reicher Graswuchs sprießen, die schichtungslose Ablagerung mußte Röhrchenstruktur annehmen und konnte Steppennager beherbergen. Große Landtiere fanden hier vorzügliche Lebensbedingungen. Waldliebhaber, wie das Mammut, das sich, wie man aus den im Mageninhalt und in hohlen Zähnen erhaltenen Speiseresten weiß, von jungen Baumtrieben nährte, konnten in der Nähe der Flüsse Auenwälder finden, die ihnen zusagen mußten. So schließen also fluviatile und subaërische Lößbildung einander nicht aus, sondern ergänzen sich.

Von anderen Gebilden der Pleistocänzeit nennen wir den Torf, dessen wir schon oben unter den interglazialen Ablagerungen Erwähnung gethan haben. An vielen Punkten begann die Torfbildung in der jüngeren Pleistocänzeit.

Die unteren Lagen enthalten noch die Reste ausgestorbener Tiere, von Mammut, Rhinozeros, Riesenhirsch ꝛc., und dann findet der allmähliche Übergang zur Jetztzeit statt. Interesse gewinnen derartige Vorkommnisse besonders dadurch, daß man durch Untersuchung der Pflanzenreste, die sich in verschiedenen Niveaus großer Torflager finden, die allmählichen Umgestaltungen der Vegetation verfolgen kann, wie das in Skandinavien durch Blytt, Steenstrup und Nathorst geschehen ist (vgl. S. 454). Endlich sind noch die Kalktuffe hervorzuheben, Absätze kalkreicher Quellen, die oft Pflanzenteile, Schneckengehäuse und Knochen umschließen, ferner die Lehmablagerungen in Höhlen mit ihren massenhaften Säugetierresten, die Knochenbreccien, lauter Vorkommnisse, die wegen ihrer Fauna und Flora wichtig sind, aber vom rein geologischen Standpunkt aus wenig Bemerkenswertes bieten.

Meeresbildungen treten in großer Verbreitung, aber meist nur an den Küstenrändern auf. Außer den früher besprochenen Vorkommnissen, die in Norddeutschland, Skandinavien, England und Schottland im Gebiete der ehemaligen Vereisung auftreten, sind namentlich die jungen Meeresschichten des mittelländischen Beckens von Interesse. Die Umgebung von Palermo, Toscana, Corsica, Rhodos, die Dardanellen, vielleicht auch der Isthmus von Korinth und die Umgebung von Tarent sind hierher zu rechnen. Doch ist es in den Fällen, wo eine Muschelbank nur 2 oder 3 Prozent ausgestorbener Konchylienarten enthält, in der Regel schwer, zu unterscheiden, was noch zum obersten Pliocän, was zum Quartär gerechnet werden soll. Wichtig sind jene Fundorte, wo es gelingt, auch für das Mittelländische Meer den Nachweis zu liefern, daß sich seine Wasser unter dem Einfluß des Eiszeit abgekühlt haben. An mehreren Punkten finden sich Konchylienarten, am öftesten Cyprina islandica, die in der Jetztzeit wie im jüngeren Tertiär dem Mittelmeer fremd waren und sich heute nur in der Nordsee und noch weiter im Norden finden. Solche Arten sind von Rhodos, aus Toscana ꝛc. bekannt, am ausgezeichnetsten aber von Ficarazzi und vom Fuße des Monte Pellegrino bei Palermo. Hier liegt über den Meeresbildungen des oberen Pliocäns eine Ablagerung, die nach Monterosato eine ganze Anzahl borealer Formen enthält: Cyprina islandica, Mya truncata, Panopaea Norwegica, Buccinum undatum und Fusus contrarius (vgl. oben, S. 407).

Tier- und Pflanzenwelt der Quartärzeit in Europa.

Verschiedene der bisher genannten Ablagerungen: die Knochenbreccien, die Lehmausfüllungen von Spalten im Gebirge, die Lager von Torf und Torfkohle, der Löß, die Sand- und Gerölllager,

Digitized by Google

sie alle haben eine Unzahl Reste, besonders von Säugetieren geliefert, deren Hauptinteresse weniger in abweichenden zoologischen Merkmalen, in dem Auftreten sonst ganz unbekannter Typen, als im Gegenteil in ihren nahen Beziehungen zu der jetzigen Schöpfung und in den Schlüssen liegt, die sich ungezwungen daraus ergeben.[1]

Im allgemeinen bietet die quartäre Säugetierfauna Europas im Vergleich zu der jetzigen ein Bild kraftvollster Entwickelung. Wir sehen eine solche Menge mächtiger Formen, daß die heutige Bevölkerung nur als ein kläglich zurückgegangener Rest erscheint. Am auffallendsten ist dieses Verhältnis bei den großen Pflanzenfressern, besonders den Elefanten. Diese waren durch drei Arten vertreten, von denen jede größer war als jetzt der indische und der afrikanische Elefant. Elephas meridionalis und E. antiquus waren vielleicht die größten Landsäugetiere, die je existiert haben. E. meridionalis ist in Europa schon im Pliocän weit verbreitet. Zu ihm gesellt sich im obersten Pliocän der noch größere E. antiquus. Während aber jener durch das Heranrücken des Eises verdrängt wurde, behauptete dieser das Feld und tritt noch in interglazialen Ablagerungen häufig auf.

Noch häufiger aber ist die dritte Art, das Mammut (E. primigenius), das in England bereits in den Forestbeds von Norfolk auftaucht, bei Eintritt der Eiszeit an Häufigkeit zunimmt, um dann während der eigentlichen Eiszeit und in der Interglazialzeit Europa und das nördliche Asien in zahllosen Herden zu bevölkern.

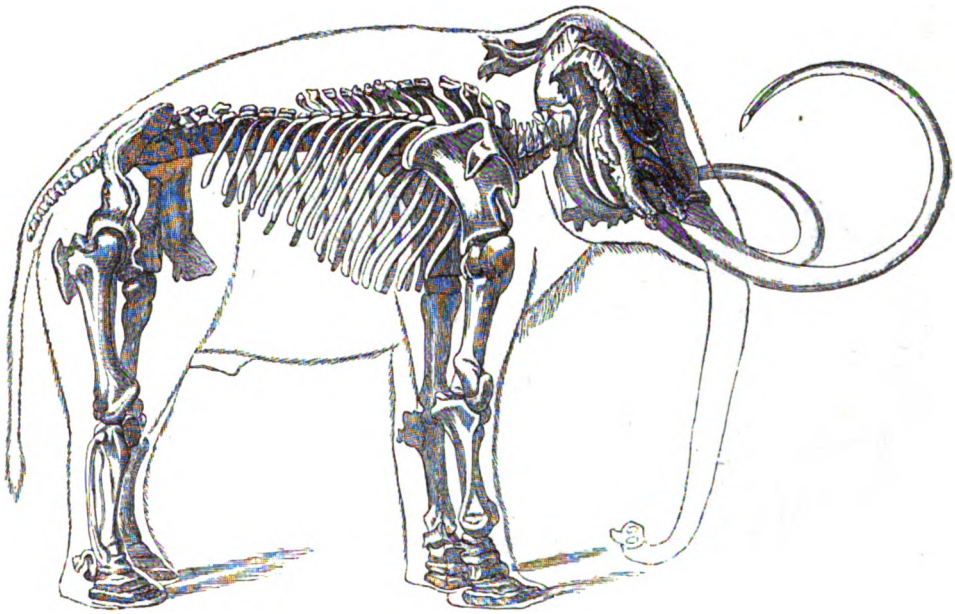
Kein anderes Tier hat durch seine Reste so allgemeines Aufsehen erregt wie das Mammut, dessen Knochen und Zähne stellenweise in Menge vorhanden sind. In früherer Zeit hielt man sie für die Gebeine des heiligen Christoph oder eines anderen Heiligen, dem man aus irgend einer Ursache besondere Größe zuschreiben zu müssen glaubte, und viele solche Reste wurden in Kirchen als Reliquien aufbewahrt. Andere hielten sie wieder für die Knochen der biblischen Riesen Gog und Magog oder anderer minder berühmter Riesen, während die mit dem klassischen Altertum näher Vertrauten sie dem germanischen Heerkönig Teutobod zuschrieben. Als man endlich so weit kam, die Zähne näher zu betrachten, da meinte man, daß sie von den Kriegselefanten Hannibals herrührten, die auf dem kühnen Zuge von Spanien durch Südfrankreich und über die Alpen alle bis auf einen unterwegs den Strapazen erlagen.

Später erkannte man, daß das Mammut wirklich bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit in Europa gelebt habe. Daraus schloß man auf ein warmes Klima in Europa. Allein die Erfahrungen haben diese Ansicht nicht bestätigt. In Europa fehlt das Mammut im Süden; es findet sich vorwiegend in den nördlichen und mittleren Teilen, am häufigsten aber im nördlichen Sibirien, wo manche Diluvialschichten ganz von seinen Resten erfüllt sind. Etwa ein Drittel von allem Elfenbein, das in den Handel kommt, rührt von den diluvialen Mammuten Sibiriens her. Selbst auf den unzugänglichen Neusibirischen Inseln, die nördlich vom asiatischen Festland unter etwa 75° nördlicher Breite im Eismeer liegen, findet sich das fossile Elfenbein des Mammuts in solcher Menge, daß lange Zeit hindurch die Elfenbeinsammler die gefahrvolle Schlittenfahrt über das gefrorene Meer wagten, um diese Schätze zu heben. Es ist gewiß merkwürdig genug, daß sich das Elfenbein so lange frisch erhalten hat, um noch technisch verwertet zu werden. Allein noch wunderbarer ist die Thatsache, daß in Sibirien zahlreiche Kadaver mit Haut und Haaren, mit Fleisch und Eingeweiden gefunden werden: so frisch, daß sie, aus dem Boden tauend, Eisbären, Wölfe, Füchse und Hunde anlocken und das Fleisch meist aufgezehrt ist, ehe eine Expedition den Fund für die Wissenschaft retten kann.

[1] Irgend welche nähere Angaben über das Auftreten des Menschen und seiner Haustiere und Kulturpflanzen in quartären Ablagerungen werden hier nicht folgen, da dieser Gegenstand in einer anderen Abteilung der vorliegenden „Naturkunde" eingehend behandelt ist (vgl. Ranke, „Der Mensch", Band 2).

Digitized by Google

Dreifach ist die Art des Vorkommens. Am Nordabhang des Sajan-Gebirges in Ostsibirien liegt die Höhle von Nishne Udinsk in einer Meereshöhe von 650 m; jahraus jahrein herrscht hier eine Temperatur von —4,8° C. und ermöglicht die Erhaltung von Haut und Haaren bei einzelnen Exemplaren (Rhinozeros) der hier eingeschlossenen interglazialen oder postglazialen Fauna. Ferner finden sich Kadaver in dem Eisboden. Wie wir weiter unten sehen werden (vgl. S. 458), besteht das jüngere Pleistocän Sibiriens aus einer Wechselfolge von Sand, sandigem Lehm, Lehm und Löß, die sich aus Flüssen und Seen niedergeschlagen hat. Im nördlichen Teil des Gebietes ist dieser Boden bis in bedeutende Tiefen gefroren. Noch weiter nördlich schalten sich selbst Flußeis- oder Aufeisschichten in die beschriebene Wechselfolge ein; und so sind auch



Das Petersburger Mammut-Skelett, aus dem sibirischen Eisboden, mit einzelnen Teilen der Sehnen, Bänder ꝛc. erhalten; der Körperumriß ist ergänzt.

hier die Bedingungen für die Erhaltung der Weichteile günstig. Ganz ähnlich ist das dritte Vorkommen, wie es namentlich von der neusibirischen Ljachov-Insel bekannt ist. Hier liegen die jungpleistocänen lehmig-sandigen Schichten auf altem Gletschereis, und die Kadaver der eiszeitlichen Tiere sind teils in dem Lehm, teils in großen, mit Lehm und Sand erfüllten Spalten erhalten, die das „tote" Gletschereis durchsetzen. Gelegentlich tauen aus dem Eisboden Sibiriens ganze Mammutleichen heraus, und die Eingeborenen glauben, daß diese Tiere in der Erde leben und darin herumwühlen. Wenn sie aber dabei aus Versehen an die Luft kommen, so sterben sie sofort: dann findet man sie vollständig erhalten. Das erste Vorkommen dieser Art fand sich an der Lena-Mündung. Hier bemerkte 1799 ein Tunguse, daß im Verlaufe von zwei Jahren allmählich ein Elefant aus der eisigen Hülle frei ward; aber erst sieben Jahre später hörte der Naturforscher Adams auf einer Reise durch Sibirien von der Sache und besuchte den Fundpunkt. Leider war das Tier schon zum größten Teile aufgefressen; es fand sich noch ein Ohr, ein Auge, ein Stück der Haut, und viele Sehnen und Bänder hafteten noch an den Knochen. Vor allem aber wurde die höchst merkwürdige Thatsache festgestellt, daß das Mammut mit dichter, rotbrauner Wolle über den ganzen Körper bedeckt und am Halse mit einer mächtigen Mähne bekleidet war. Das Skelett des Tieres wurde nach St. Petersburg gebracht und dort aufgestellt (s. obenstehende Abbildung).

Digitized by Google

Seither sind mehrfach wieder solche eingefrorene Tiere gefunden worden, aber nie ist es gelungen, eins vollständig zu erhalten. Eine unter F. Schmidt abgesandte Expedition konnte gegen Ende der sechziger Jahre einige Teile eines Mammuts retten. Außerdem erhielt man einige noch mit der Haut überzogene Körperteile von Nashörnern; und ein am Bytantei, einem Nebenfluß der Jana, entdeckter Rhinozeroskopf beweist, daß die Haut mit rotscheckigem Haare bekleidet war (s. untenstehende Abbildung). Das Exemplar wurde von Schrenck als Rhinoceros Merckii, von Tscherski als Rhinoceros tichorhinus aufgefaßt. In neuerer Zeit ist auch eine Extremität des Wisent mit Haut und Wollzotten aufgefunden worden.

Im allgemeinen ist das Mammut dem indischen Elefanten nahe verwandt, unterscheidet sich aber, abgesehen von seiner Größe und seiner Behaarung, durch die viel zahlreicheren und schmäleren Schmelzjoche der Backenzähne und durch die riesigen, sehr stark geschwungenen Stoßzähne. In dem dichten Pelze hatte das Mammut ein so ausgezeichnetes Schutzmittel gegen niedere Tempe-

Kopf von Rhinoceros Merckii mit vollständig erhaltener Haut und Haarbedeckung, aus dem sibirischen Eisboden. (Nach Schrenck.)

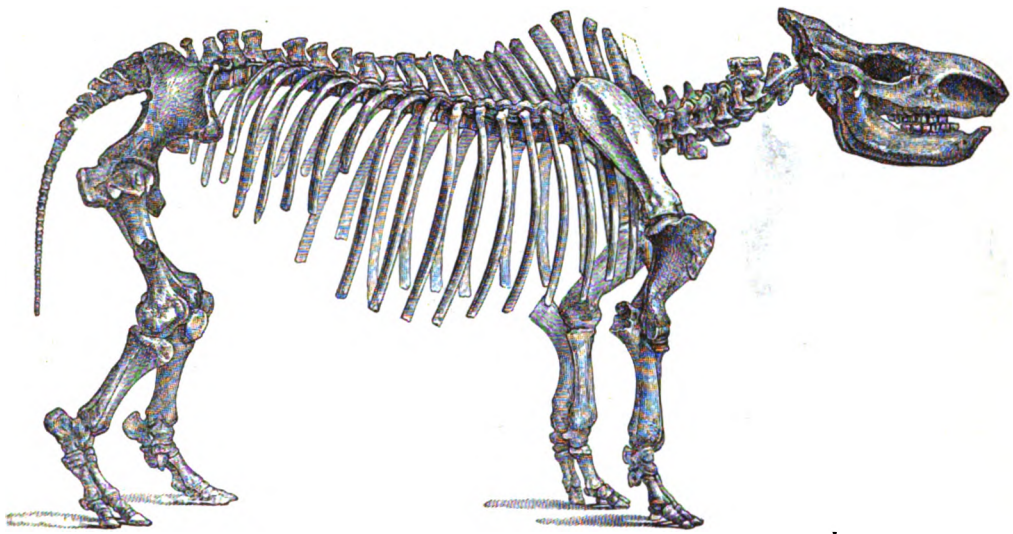
raturen erworben, daß es darin auch in kalten Gegenden leben konnte. Das beweisen die Reste der Mahlzeiten, die man im Magen und zwischen den Zähnen von Mammut und Rhinozeros gefunden hat. Wesentlich bestehen diese aus den Zweigen und Trieben von Nadelhölzern, Weiden und Birken, wie sie noch heute in Sibirien auftreten. Also ist Elephas primigenius die nordische Elefantenform, die ihren Hauptsitz in Sibirien und Nordeuropa hatte und in Mitteleuropa den südlichen Typen, dem Elephas meridionalis und dem dem afrikanischen Elefanten nahe stehenden Elephas antiquus, begegnete.

Während diese drei Arten große Verbreitung besitzen, finden wir in Europa einige andere Vertreter der Gattung auf engem Gebiete. In erster Linie ist der echte afrikanische Elefant zu nennen, der sich in den Knochenhöhlen Siziliens und in Spanien in der Umgebung von Madrid gefunden hat: eine Erscheinung, die für die Beurteilung der ehemaligen Landverbindung Europas nach Süden von Bedeutung ist. Am auffallendsten aber sind die Elefanten der Insel Malta. Diese zahlreichen Reste von Tieren, die dem afrikanischen Elefanten nahe verwandt sind, werden allerhöchstens im Durchschnitt nicht über 2 m hoch (Elephas Mnaidriensis). Elephas melitensis ist schon erheblich kleiner, und E. Falconeri ist ein winziger Zwergelefant, dessen größte Exemplare noch nicht 1 m hoch wurden, also nicht größer als ein Kalb. Das Vorkommen von großen Säugetieren auf Malta beweist jedenfalls, daß diese ziemlich kleine und

Digitized by Google

vegetationsarme Insel einst ein Teil eines großen Festlandes war. Aus dem Auftreten des Zwergelefanten, dem noch ein Zwerghippopotamus an die Seite gestellt wird, ist dann gefolgert worden, daß, als Malta eine Insel wurde und die Vegetation dieser zur Ernährung großer Formen nicht mehr ausreichte, die Elefanten und Flußpferde zu winzigen Dimensionen, zu „Ponnyrassen", verkümmerten, was immerhin möglich ist.

Eine zweite Gruppe mächtiger Pflanzenfresser der Diluvialzeit sind die Nashörner, die in ebenso großer Zahl wie die Elefanten auftreten. In erster Linie ist Rhinoceros antiquitatis (oder tichorhinus, s. untenstehende Abbildung) zu nennen, der stete Begleiter des Mammuts, mit kräftig verknöcherter Nasenscheidewand, die zwei Hörnern von kolossaler Größe, einer furchtbaren Waffe, als feste Stütze diente. Auch dieses Tier hat man in vollständig erhaltenen Exemplaren im sibirischen Eisboden eingefroren gefunden und dabei beobachtet, daß es ebenfalls mit



Skelett von Rhinoceros antiquitatis (tichorhinus), aus dem diluvialen Torf, von Kreiburg am Inn.

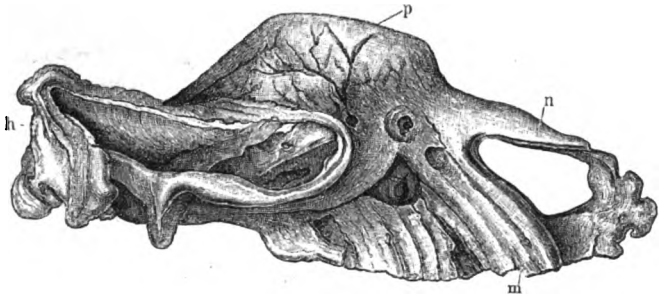
einem dichten Haarkleide, dem Schutzmittel gegen die nordische Kälte, versehen war. Das ist gerade hier um so merkwürdiger, als auch die jetzt lebenden Nashörner mit wolligen Haaren bedeckt zur Welt kommen, und man darf daraus wohl schließen, daß sie, wenn auch nicht vom Rhinoceros antiquitatis, so doch von einer anderen behaarten Form abstammen. Mit jener Art kommt sowohl im mittleren und nördlichen Europa als in Sibirien eine zweite Art von Nashorn mit unvollkommen verknöcherter Nasenscheidewand vor (Rhinoceros Merckii; s. Abb., S. 446). Doch ist dieser Typus nicht vorwiegend nordisch, sondern wenigstens durch eine nahestehende Form (Rhinoceros etruscus) auch im südlichen Europa vertreten. Endlich haben wir im Rhinoceros leptorhinus eine vorwiegend südliche Art, die namentlich den älteren Diluvialablagerungen eigen ist und sich nur vereinzelt in nördlichen Gegenden, z. B. in Norddeutschland, findet.

An die Nashörner schließt sich am innigsten die seltene und sonderbar gebaute Gattung Elasmotherium an (s. Abbildung, S. 448), der einzige Typus unter den europäischen Diluvialsäugetieren, der sich von allen lebenden Formen weit entfernt. Elasmotherium ist ein riesiges Tier, von der Größe eines Elefanten, das sich dem Baue nach an das Rhinozeros anschließt, aber Zähne hat, die zwar sich im Grundcharakter denen der Nashörner nähern, aber so verwickelt angeordnete Schmelzfalten haben, daß sie hierin fast an Pferde erinnern. Die Nasenregion ist so schwach gebaut, daß sie unmöglich ein Horn tragen konnte; dagegen tritt auf der Stirn ein

Digitized by Google

Knochenpolster von ungeheurer Dicke und Größe auf, das offenbar ein riesenhaftes Horn zu tragen bestimmt war. Nach der Form des Nasenbeines war vielleicht ein kleiner Rüssel vorhanden.

Dieses merkwürdige Tier, von dem wenige Stücke in Rußland und Sibirien gefunden worden sind, scheint geradezu dem Phantasiegebilde des fabelhaften Einhornes Wirklichkeit zu verleihen, und in der That ist die Frage besprochen worden, ob etwa das Elasmotherium noch gleichzeitig mit dem Menschen gelebt und Anlaß zur Einhornsage gegeben habe. Eine genauere Prüfung ergibt jedoch, daß die Gestalt des englischen Wappentieres lediglich auf vagen Berichten über das dem mittelalterlichen Europa unbekannte Nashorn beruht. Dagegen ist es nicht unmöglich, daß in Sibirien das Elasmotherium noch mit dem Menschen gelebt hat und von ihm ausgerottet worden ist; wenigstens deutet man in dieser Weise Berichte der Tungusen, in ihrem Lande hätten früher fürchterliche schwarze Stiere von ungeheurer Größe mit einem einzigen Horne mitten auf der Stirn gelebt, so groß, daß zur Fortschaffung des Hornes allein ein Schlitten erforderlich gewesen sei.



Schädel von Elasmotherium: h) Hinterhaupt, p) Knochenpolster der Stirn, n) Nasenbeine, m) Oberkiefer. (Nach V. v. Möller.) Vgl. Text, S. 447.

Von unpaarhufigen Tieren sind außerdem verschiedene Vertreter der Pferdefamilie vorhanden, von denen Wildpferde häufig, selten dagegen solche des Dschiggetai (Equus hemionus fossilis) gefunden werden. Wie Nehring wohl mit Recht annimmt, sind die starknochigen und großköpfigen Diluvialpferde unserer Gegenden die Stammeltern der gezähmten schweren „kaltblütigen" oder occidentalen Rasse. Schon die fossilen Wildpferde weichen aber untereinander nicht unwesentlich ab, was bei der Domestikation jedenfalls mit zur Zersplitterung in zahlreiche Rassen beigetragen hat. Die breitstirnigen und zierlicher gebauten orientalen oder „heißblütigen" Rassen werden gewöhnlich auf ein asiatisches Diluvialpferd zurückgeführt. Doch hat man in der Renntierstation von Schussenried in Württemberg Pferdereste gefunden, die auf eine noch breitstirnigere Rasse als die arabische hinweisen.

Von höckerzähnigen Paarhufern ist außer dem Wildschwein namentlich Hippopotamus major vorhanden, eine große Spielart des lebenden Nilpferdes, die als Begleiter des Elephas meridionalis in den ältesten, der Eiszeit vorausgehenden Quartärablagerungen von Südeuropa, Süddeutschland, Frankreich und England auftritt. Es bevölkerte offenbar damals die Flüsse und Seen dieses Gebietes in derselben Weise wie heute die von Afrika. Außerdem findet sich die kleinere Art Hippopotamus Pentlandi auf einigen Inseln des Mittelländischen Meeres, auf Sizilien, Malta und Kreta: ein weiterer Beweis, daß in diesen Gegenden damals eine ganz andere Verteilung von Wasser und Land herrschte als jetzt. Auf Malta soll außerdem noch ein kleiner Zwerghippopotamus zu finden sein.

Unglaublich groß ist die Menge der Wiederkäuer und unter ihnen vor allen die der Hirsche, deren außerordentliche Artenzahl in dem präglazialen Forestbed Englands schon oben hervorgehoben wurde. Von den vielen ausgestorbenen Hirschen sei nur der Riesenhirsch erwähnt (Cervus euryceros, Megaceros hibernicus; s. Abbildung, S. 449), ein gewaltiges Tier mit damhirschähnlichem Geweihe, dessen Enden fast 4 m voneinander abstanden. So häufig kommt der Riesenhirsch in manchen Torfmooren Irlands vor, daß von dort schon viele vollständige

Digitized by Google

Skelette in die Sammlungen gekommen sind. In anderen Gegenden ist er seltener, war aber doch, wie es scheint, über den größten Teil von Europa verbreitet.

Man hat viel darüber gesprochen, ob sich der Riesenhirsch nicht in Deutschland bis ins Mittelalter erhalten hat. Im Nibelungenliede wird unter der Jagdbeute Siegfrieds neben Wisent, Elch, Ur, Löwen und Bären auch der „grimme Schelch" genannt, und man hat von je darüber nachgedacht, was für ein starkes, wehrhaftes Tier damals in Deutschland gelebt haben mag. Daß der Schelch wirklich hier vorkam und nicht etwa wie der Löwe nur von der Phantasie des Dichters hierher versetzt wurde, beweist eine mittelalterliche Urkunde, worin das Recht vergeben wird, in einem Forste den Schelch zu jagen. Man nahm nun an, daß es sich um den Riesenhirsch handle. Doch läßt sich für diese Vermutung kaum mehr vorbringen, als daß es nicht gelingen will, eine andere Deutung zu finden; vielleicht ließe sich noch der Name selbst anführen, der mit dem bayrischen Provinzialausdrucke „schelchen" (schief und unbeholfen gehen) zusammenhängt, da der Riesenhirsch unter der Last seines ungeheuern Geweihes wohl eine schwankende oder schaukelnde Gangart gehabt haben mag. Aber anderseits wäre es doch seltsam, wenn das Andenken an dieses herrliche Jagdtier spurlos verschwunden wäre, wenn sich nicht in irgend einem alten Schlosse die prachtvolle Trophäe seines Geweihes erhalten oder an einem der alten Dome unter den mannigfachen in Stein gemeißelten Tiergestalten der Steinmetz sein Bild angebracht hätte. Jedenfalls kann man diese Deutung des Schelches nur als zweifelhaft betrachten.

Skelett des irischen Riesenhirsches (Cervus euryceros, Megaceros hibernicus), mit ergänztem Körperumriß. Vgl. Text, S. 448.

Von heute noch lebenden Arten sind zunächst noch Edelhirsch, Damhirsch und Reh zu nennen, zu denen sich noch der dem ersten verwandte, stärkere Wapiti gesellt, der heute auf Nordamerika beschränkt ist; ferner der Elch oder das Elentier, das noch im Mittelalter in Deutschland verbreitet war, und das Renntier, das noch zur Zeit Cäsars in den Wäldern Germaniens gelebt haben soll. Das europäische Renntier (Rangifer tarandus) war namentlich in den späteren Abschnitten der Diluvialzeit überaus häufig. Doch reichte seine Verbreitung nicht weit nach Südeuropa. Die äußersten vorgeschobenen Posten finden sich im südlichen Frankreich; gerade hier an der Grenze seines Verbreitungsbezirkes war es nach der Ausbeute der dortigen Knochenhöhlen außerordentlich häufig. Dagegen tritt, wie früher erwähnt wurde, in den interglazialen Ablagerungen Norddeutschlands eine andere Form, das amerikanische Renntier oder Karibu, auf, das heute in Grönland und in den kälteren Teilen Nordamerikas vorkommt.

Die Antilopen sind im europäischen Diluvium gut vertreten. Die Gemse war damals nicht auf die Hochgebirge beschränkt, ihre Reste finden sich auch in der Ebene, und die Saiga-Antilope der osteuropäischen und westasiatischen Steppen breitete sich über Deutschland bis nach

Digitized by Google

Frankreich und England aus (ſ. Abbildung, S. 441). Auch Schafe und Ziegen fehlen nicht; aber nur der Steinbock, damals gleich der Gemſe ein Bewohner der Niederungen, wird häufiger gefunden. Als ein nahe mit den Schafen verwandtes Tier iſt ferner einer der merkwürdigſten Gäſte im Diluvium Europas zu nennen, der Moſchusochs mit ſeinen breiten, die Stirn deckenden Hörnern, der heute nur in Grönland und in den kälteſten Teilen Nordamerikas lebt.

Von Rindern ſind namentlich der Urſtier und der Wiſent zu nennen. Der Urſtier (Bos primigenius; ſ. untenſtehende Abbildung) war ein Wildrind von großem Wuchs und mit mächtigen, faſt horizontal zur Seite geſchwungenen Hörnern, das noch vor einigen Jahrhunderten in Deutſchland wild lebte, und von dem die in einigen Parken Englands halbwild lebenden Rinder vielleicht die letzten, etwas herabgekommenen Sprößlinge ſind. Außer dieſen aber gibt es ſicher zahlreiche Nachkommen des Urſtieres unter den europäiſchen Hausrindern; unſere zahmen Rinderraſſen ſtammen nicht von einer einzigen Form wilder Rinder ab, ſondern ſind durch die Kreuzung mehrerer Arten von Wildrindern entſtanden. Keine hat das Blut einer der Stammformen rein erhalten, überall iſt Vermiſchung eingetreten, doch ſteht z. B. die holſteiniſche Rinderraſſe dem Urſtier noch ziemlich nahe.

Schädel des Urſtieres (Bos primigenius).

Die zweite in ganz Europa verbreitete Rinderform iſt der Wiſent oder Auerochs (Bison europaeus, B. priscus, Bos priscus), der jetzt in einigen Exemplaren in der Bialowiczer Heide (Weſtrußland) gehegt wird und auch in einzelnen Teilen des Kaukaſus vorkommt, aber noch im mittelalterlichen Deutſchland ſehr zahlreich vorhanden geweſen ſein muß. Endlich iſt noch das örtlich beſchränkte Vorkommen eines kleinen Büffels aus der Umgebung von Danzig zu nennen, der von Rütimeyer als eine Zwergform des indiſchen Büffels betrachtet wird.

Stellen Elefanten und Huftiere die großen Pflanzenfreſſer, ſo liefern die Nagetiere die Schar kleiner Gäſte, die an derſelben Tafel ſchmauſen. Zwar ſind auch hier einige ſtattlichere Formen im Diluvium vorhanden: der Biber und das ihm verwandte, aber größere Trogontherium; die große Mehrzahl aber ſind kleine Geſchöpfe, die wir hier nicht ausführlich ſchildern wollen. Unter den Nagern, deren Kenntnis namentlich durch Nehring gefördert worden iſt, können verſchiedene Gruppen unterſchieden werden, die nach dem Auftreten jetzt noch lebender Nachkommen auf verſchiedene Heimat und verſchiedene Lebensverhältniſſe verweiſen: ein weſentlicher Beitrag zu dem Beweiſe, daß während der Quartärzeit bedeutende Veränderungen der klimatiſchen Verhältniſſe vor ſich gegangen ſind. Schon oben (S. 442) haben wir geſehen, daß namentlich im Löß, aber auch in einigen anderen Ablagerungen Nager vorkommen, die heute teils in den Steppen Aſiens leben, teils wenigſtens an offenes, waldloſes Land gebunden ſind, wie Pfeifhaſen, Pferdeſpringer, verſchiedene Zieſel, Hamſter, Steppenmurmeltier, mehrere Feldmäuſe und das Steppenſtachelſchwein. Eine zweite Gruppe von Arten, die in anderen Ablagerungen auftauchen, ſind nordiſche Typen, wie der Schneehaſe (Lepus glacialis), der Lemming und der Halsbandlemming, während wieder andere, wie Eichhörnchen und Bilche (Myoxus glis, Nitela), offenbar ebenſo wie jetzt Waldbewohner waren.

Digitized by Google

Der großen Menge von Pflanzenfressern standen als grimmige Feinde Raubtiere in fast noch bedeutenderer Zahl gegenüber: weder Indien noch Afrika können sich in dieser Beziehung mit dem diluvialen Europa messen. Ein gewaltiger Löwe (Felis spelaea, Leo spelaeus) war damals über den größten Teil von Europa, mit Ausnahme der weiter nach Norden gelegenen Teile, verbreitet. Obwohl man sogar vollständige Skelette dieses mächtigen Tieres gefunden hat, gehört es im Vergleich zu den Bären und Hyänen immerhin zu den selteneren Vorkommnissen. Ein noch furchtbarerer Räuber war der messerzähnige Tiger (Machairodus latidens), der sich ziemlich selten in Frankreich und England gefunden hat, ein naher Verwandter jener Machairodus-Arten, die bei Besprechung der Tertiärfauna beschrieben wurden (vgl. S. 330). In Spanien kommt ferner der afrikanische Panther vor, in Frankreich ein anderes diesem ähnliches Tier (Felis antiqua). Dazu gesellt sich noch in Frankreich und England der Serval des tropischen und südlichen Afrika, während von jetzt noch in Europa heimischen Arten der Luchs und die Wildkatze zu nennen sind.

Zu den häufigen Raubtieren Europas gehört die sogenannte Höhlenhyäne (Hyaena crocuta, spelaea), die viele der Knochenhöhlen allein bewohnt zu haben scheint. Hier findet man ihre Reste massenhaft angehäuft, zugleich mit den von ihr in charakteristischer Weise zermalmten Knochen ihrer Beutetiere. Abgesehen von ihrer etwas größeren Gestalt stimmt die Höhlenhyäne mit der lebenden gefleckten Hyäne überein. Das ist merkwürdig, weil diese jetzt nur im tropischen und südlichen Afrika vorkommt, dagegen in dem Europa näherliegenden Nordafrika und Westasien fehlt. Hier wird sie durch die gestreifte Hyäne (Hyaena striata) ersetzt, die sich ebenso wie die Schabracken-Hyäne (Hyaena brunnea) fossil in Europa nur selten findet.

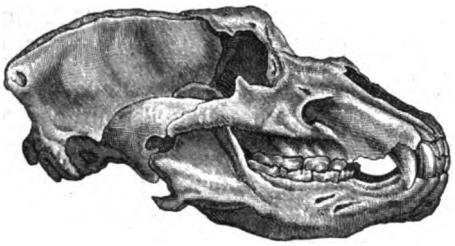
Konnten wir unter den Katzen und Hyänen eine Menge südlicher Typen in Europa nachweisen, so umfaßt die große Familie der Marder fast ausschließlich nur noch jetzt in unserem Erdteil vorkommende Tiere. Da finden wir neben Wolf und Fuchs und einer Anzahl eigentlicher Wildhunde, die teilweise als die Stammeltern einiger unserer europäischen Haushunderassen betrachtet werden, den Edelmarder, Hermelin, Wiesel, Iltis, Dachs, Fischotter. Und als einzig fremdartige Gäste kommen der nordische Vielfraß (Gulo luscus, borealis, spelaeus), der nicht wie die meisten nordischen Formen nur in Mitteleuropa verbreitet war, sondern auch weit im Süden, in Dalmatien, gefunden worden ist, und der hochnordische Eisfuchs hinzu.

Die letzte Familie der Raubtiere, die Bären, liefert uns weitaus die verbreitetste Raubtierform der europäischen Diluvialfauna, den Höhlenbären (Ursus spelaeus), der in den Knochenhöhlen von Franken, Schwaben, Mähren, Belgien und Frankreich, überhaupt fast in ganz Europa in zahlloser Menge auftritt und nur in England durch die Hyäne ersetzt wird. Die Menge der Exemplare, die einzelne Fundpunkte, wie die Muggendorfer und Gailenreuther Höhle in Franken, der Hohlefels in Württemberg, die Slouper Höhle in Mähren, geliefert haben, ist erstaunlich. Unter allen seinen Verwandten ist der Höhlenbär am größten, er übertrifft selbst den Eisbären und den grauen Bären Nordamerikas ganz erheblich; seine Größe und Kraft machten ihn gewiß zu einem furchtbaren Gegner, der selbst dem Löwen und dem Machairodus trotzen konnte. Doch scheint er kein hervorragender Räuber gewesen zu sein. Zwar findet man in den diluvialen Bärenhöhlen massenhafte, teilweise benagte Knochen von Tieren, die seine Beute geworden sind; trotzdem müssen wir aus der Beschaffenheit der Backenzähne des Höhlenbären schließen, daß er auch Pflanzenkost in ergiebiger Menge zu sich nahm. Die Molaren der Bären unterscheiden sich von denen der übrigen Raubtiere durch die breite und wenig spitzhöckerige oder schneidende Gestalt ihrer Kronen, und auch die Entwickelung eines Fleischzahnes ist kaum angedeutet, eine Eigentümlichkeit, die damit zusammenhängt, daß sie „Allesfresser" waren. Sie genießen gemischte Fleisch- und Pflanzenkost. Da nun unter allen Bären diese Merkmale bei dem

Digitized by Google

Höhlenbären weitaus am stärksten entwickelt sind, scheint er verhältnismäßig am meisten vegetabilische Nahrung verzehrt zu haben. Außerdem ist Ursus spelaeus noch durch seine steil abfallende Stirn sowie dadurch charakterisiert, daß bei erwachsenen Tieren die vordersten Backenzähne (Prämolaren), die Lückenzähne, fehlen (s. untenstehende Abbildung). Weit seltener kommen neben dieser noch zwei andere Bärenarten vor, von denen die eine mit unserem gewöhnlichen braunen Bären, die andere mit dem größeren grauen Bären Nordamerikas übereinstimmen dürfte.

Zu diesen wesentlichsten Formen unserer diluvialen Säugetierfauna müssen noch einige Insektenfresser (Maulwurf, Igel, Spitzmäuse) und Fledermäuse gefügt werden. Weit geringer ist die Vogelfauna, die nur wenige interessante Typen liefert, und aus der nur das Auftreten nordischer Arten, wie Mooshuhn, Schneehuhn und Schnee-Eule, hervorzuheben ist. Auch Reptile, Amphibien und Fische sind von so untergeordneter Bedeutung, daß wir aus diesem großen Kreise nur ein höchst merkwürdiges Vorkommen hervorheben wollen, das riesiger Landschildkröten in den Diluvialablagerungen Maltas. Große Landschildkröten sind zwar in dem Tertiär Süddeutschlands (Kirchberg an der Iller), der Ostpyrenäen und der Sivalikhügel am südlichen Fuße des Himalaya gefunden worden, haben aber keine Beziehungen zu der Art von Malta. Diese nähert sich im Gegenteil viel mehr der jetzt lebenden Testudo elephantopus von den südwestamerikanischen Galapagos- (oder Schildkröten-)Inseln sowie der in historischer Zeit ausgerotteten Riesenschildkröte der Maskarenen Mauritius und Rodriguez, östlich von Madagaskar. So sehen wir hier plötzlich in dem sonst ziemlich regelmäßig zusammengesetzten Gesamtbilde der europäischen Diluvialfauna ein durchaus fremdes Element auftreten, eine Tiergruppe, die nur auf wenige weit voneinander entfernte Inseln beschränkt ist: zugleich ein schwer erklärbarer Fall einer höchst seltsamen geographischen Verbreitung landbewohnender Wirbeltiere.



Schädel des Höhlenbären. Vgl. Text, S. 451.

Von wirbellosen Tieren haben fast nur die Mollusken Bedeutung. Im allgemeinen stimmen sie mit den noch jetzt in denselben Gegenden lebenden Arten überein. Doch kommen Formen nordischer Regionen und des Hochgebirges in den Ebenen Mitteleuropas vor, während anderseits Arten hier auftreten, die jetzt in wärmerem Klima leben. So ist Cyrena fluminalis in Thüringen, Frankreich und England gefunden worden, während sie jetzt in Europa fehlt, dagegen in Nordafrika, Syrien ꝛc. auftritt. Die Kunde von der Insektenfauna des Pleistocäns ist sehr dürftig. Doch verdient hervorgehoben zu werden, daß in dem an Erdwachs und Petroleum reichen Boryslaw (am Fuße der Ostkarpathen) eine reiche Käferfauna entdeckt wurde, in der nach M. Lomnicki hochnordische und hochalpine Formen mit beinahe 75 Prozent vertreten sind.

Andere wichtige Schlüsse allgemeinerer Art veranlassen die Säugetiere. Vor allem drängt sich die Frage nach der Ursache des Aussterbens der diluvialen Riesenformen auf, von denen sich nur Wisent und Elentier bis heute erhalten haben. Manche Tiere mochten einfach der zu großen Kälte beim Eintritte der Eiszeit oder der wiederkehrenden Wärme nach deren Ende erlegen sein. Noch mehr wirkten wahrscheinlich auf die Pflanzenfresser die Veränderungen der Vegetation, indem sie die ihnen zusagende Nahrung nicht mehr fanden; natürlich werden davon gerade die Riesen der Tierwelt in erster Linie betroffen, weil sie ungeheure Mengen von Futter verbrauchen. Offenbar war aber die Hauptursache ihres Aussterbens die Thätigkeit des Menschen, der ihre Verbreitungsbezirke durch die fortschreitende Kultivierung des Bodens einengte und in jahrtausendelang fortgesetztem Ringen manche dieser Kolosse und der furchtbaren Raubtiere ausrottete.

Digitized by Google

Wenn wir von der Menge großer Tiere sprechen, die im Pleistocän Europas existierten, so müssen wir uns daran erinnern, daß sie nicht alle gleichzeitig in derselben Gegend gehaust haben. Mit ziemlicher Bestimmtheit kann man für Mittel- und Westeuropa als Regel festhalten, daß ein erster Abschnitt unterschieden werden kann, während dessen Hippopotamus, Elephas meridionalis und E. antiquus lebten, die nordischen Tiere aber noch fehlten oder nur spärlich vorkamen. In den Glazialgebieten geht diese Tiergesellschaft der ersten Vereisung voran; das Forest bed von Cromer in England ist dafür der bekannteste Typus. Hierher gehören auch die anderen Pleistocänablagerungen mit Elephas meridionalis.

Das heranrückende Eis vertrieb diese Fauna nach Süden, während es anderseits arktischen Elementen den Weg bahnte. So konnten stellenweise arktische und südliche Formen einander berühren und ihre Reste zusammen eingebettet werden. Hat uns A. Nathorst mit der arktischen Flora bekannt gemacht, die den Rand des nordischen Landeises und der alpinen Gletscher umgab, so konnte Nehring zeigen, daß damals auch eine entsprechende arktische Fauna in Mittel- und Westeuropa gelebt und am Rande der Eismassen Verhältnisse geherrscht haben, von denen uns die nordsibirische Tundra eine Vorstellung gibt. Der Halsbandlemming (Myodes torquatus), ein Tier, das sich ängstlich an die baumlosen Eissteppen der zirkumpolaren Gegenden hält, ist gewissermaßen die Leitform dieser Fauna. Mit ihm ist der ebenfalls ausschließlich arktische Ob-Lemming (Myodes obensis) nun schon in zahlreichen Örtlichkeiten Deutschlands, Österreich-Ungarns, Belgiens, Englands und Russisch-Polens nachgewiesen worden. Von anderen arktischen Säugetieren sind noch zu nennen der veränderliche Hase, der Eisfuchs, das Renntier, der Moschusochs, der Vielfraß; dazu kommen nordische Vogelarten, besonders die Schneehühner. Daß auch das Mammut und das Rhinozeros mit knöcherner Nasenscheidewand hierher zu zählen sind, kann nach ihrem Vorkommen im sibirischen Eise keinem Zweifel unterliegen.

Mit dem Zurückgehen der Hauptvergletscherung mußte sich auch diese arktische Fauna, namentlich die besonders Kälte liebenden Formen, wie die Lemminge, allmählich nach Norden und Nordosten flüchten; doch blieben manche Formen, besonders die großen Pflanzenfresser, zurück. Auf den eisfrei gewordenen Flächen tummelten sich Mammut, Nashorn, Riesenhirsch, Renntier, Moschusochs, kurz jene Tiergesellschaft, deren Reste namentlich in den interglazialen Sanden von Rixdorf vollständig erhalten sind. An Stelle des arktischen trat Steppenklima ein und veranlaßte den Zuzug jener Formen aus dem Osten, die wir als echte Steppentiere oben kennen gelernt haben. Aber nicht blos die leicht beweglichen Tiere, auch Pflanzen rückten, vom Klima begünstigt, aus dem Nordosten vor, wie wir aus dem pontischen Anteil der Flora der Höttinger Breccie (vgl. S. 427) erkennen konnten. Aus jener Zeit haben sich noch manche Kolonien von Steppenpflanzen in Norddeutschland bis in die Gegenwart erhalten.

Die weiteren Veränderungen der Tierwelt knüpfen sich ebenfalls zunächst an einen klimatischen Umschwung. Das kontinentale wich dem ozeanischen Klima; aus den regenreicheren Gebirgen und von den Waldoasen aus, die ja auch in der trockenen Zeit, namentlich in der Nähe der Flüsse und Moore, nicht gefehlt haben, verbreitete sich Waldwuchs über Mitteleuropa und begünstigte die Waldfauna. Anderseits blieben aber auch Elemente der Steppenfauna zurück, ja gewisse weniger empfindliche Formen unter ihnen, wie die Hamster und Feldmäuse, fanden durch das Eingreifen des Menschen und die Schaffung weitgedehnten Ackerlandes noch günstigere Lebensbedingungen als vordem.

In den Hauptzügen hat die Entwickelung der pleistocänen Tierwelt wohl den angedeuteten Weg genommen. Im einzelnen waren aber die Verhältnisse wahrscheinlich viel verwickelter. Die größten Schwierigkeiten bereitet namentlich die noch immer nicht ganz geklärte Frage über die Zahl der Eiszeiten. Ist es auch heute sehr wahrscheinlich, daß drei Perioden des Gletscher-

Digitized by Google

vorstoßes und demnach zwei mittelglaziale Perioden anzunehmen sind, so haben wir doch namentlich über die erste Vergletscherung und die erste, der Hauptvergletscherung vorangehende Interglazialzeit nur spärliche Kenntnisse.

Der Pflanzenwelt der Pleistocänzeit haben wir schon in den vorhergehenden Abschnitten wiederholt gedacht. Insofern entwickelte sie sich etwas einfacher, als die präglaziale Flora nach dem Rückgange der Vergletscherung, ungleich der Fauna, die alten Gebiete wieder erobern konnte. Selbst Formen, die an das Tertiär anknüpfen, wie Cratopleura und Folliculites, hielten wiederum ihren Einzug in das vordem verlassene Gebiet. Eine Verschränkung mit fremden Elementen trat infolge der klimatischen Änderungen freilich auch bei den Pflanzen ein. Die Vereisung brachte arktische, das kontinentale Klima südöstliche Formen nach Mittel- und Westeuropa; jene fanden in den hochalpinen Gebirgen eine Zuflucht, diese erhielten sich in manchen Gattungen namentlich in der Ebene. Die Veränderungen der Vegetation nach Ende der Eiszeit sind namentlich in Skandinavien festgestellt worden.

Untersucht man die in den Torfmooren in verschiedener Tiefe unter der Oberfläche vorkommenden Pflanzenreste, so kann man wenigstens folgern, welche Gewächse zur Zeit der Ablagerung der verschiedenen Teile des Torfmoores herrschten. A. Blytt kam zu dem Resultat, daß mehrfach trockenes und feuchtes Klima gewechselt habe, während J. Steenstrup zeigte, daß in Dänemark zu Beginn der Torfbildung der vorherrschende Waldbaum die Zitterpappel war, dann die Föhre folgte, später die Eiche, Erle und Buche. Später ergab sich dieselbe Aufeinanderfolge auch in Schweden und mit geringen Abweichungen in Norwegen, eine Thatsache von um so größerem Interesse, als man jetzt in Sibirien nicht übereinander, sondern nebeneinander dieselbe Reihenfolge der Bäume bemerkt, wenn man von Nordosten nach Südwesten fortschreitet. Ähnliche Beobachtungen sind in Frankreich durch Fliche gemacht worden. In allen Fällen können wir auf eine allmähliche Steigerung der Wärme als Ursache dieser Veränderungen schließen. Allerdings lehren andere Erscheinungen, daß es sich dabei um keine allgemeine Regel handelt. So wissen wir durch die Untersuchungen von Geikie, daß z. B. auf den jetzt baumlosen Shetland-Inseln zwischen den Torflagern Baumreste vorkommen, und ähnliche Anzeichen einer zeitweilig höheren Temperatur lassen sich auch anderwärts anführen.

Ehe wir die Organismenwelt der Diluvialzeit verlassen, müssen wir des wichtigsten Ereignisses dieser Periode gedenken, des ersten Erscheinens des Menschen in Europa. Man hat zwar schon viel von den Spuren tertiärer Menschen gesprochen, aber noch ist zur Stunde kein einziger sicherer und beweiskräftiger Fund anzuführen. Gewisse Einschnitte auf den Knochen tertiärer Säugetiere können mit voller Beruhigung scharfen Zähnen von Raubtieren zugeschrieben werden, und die angeblich bearbeiteten Feuersteine aus dem Miocän von Pont-Levoy in Frankreich sind so zweifelhafter Natur, daß man noch nicht zu erwägen braucht, ob der Mensch oder ein kunstfertiger Affe diese Splitter zugeschlagen hat. Erst im Diluvium treten sichere Reste auf, aber auch hier fehlen sie noch in den präglazialen Bildungen. Die frühesten unzweifelhaften Spuren stammen aus interglazialer Zeit. Nach dem Rückzuge der ersten Vereisung war der Mensch in Europa anwesend. Nun war er Zeitgenosse der großen Elefanten, der Nashörner, des Höhlenbären, der Hyäne, kurz all der Tiere, die wir oben kennen gelernt haben. Von da an werden dann Reste und Kunstprodukte des Menschen in Menge gefunden. Ob der Mensch wirklich erst in der interglazialen Zeit in Europa eingewandert ist, oder ob er schon früher hier gelebt hat, ob er in einem anderen Erdteil schon weit früher existiert hat, das sind Fragen die wir nicht beantworten können. Daß der Mensch schon zur Tertiärzeit gelebt hat, ist überaus wahrscheinlich, ja, es ist das eine unabweisbare Forderung, aber wir haben keinerlei Beweis dafür.

Digitized by Google

Auf die Reste des pleistocänen Menschen und seine Kunstprodukte können wir hier nicht eingehen, da diesem wichtigen Gegenstand ein besonderer Teil dieses Werkes gewidmet ist; hier sollte nur der Moment in der Erdgeschichte bezeichnet werden, wo uns der Mensch zuerst entgegentritt.

Klimatische Verhältnisse Europas in der Diluvial-(Pleistocän-)Zeit.

In jener Zeit, als man sich zum erstenmal von dem riesigen Umfange der pleistocänen Vergletscherung in Europa Rechenschaft gegeben hatte, lag es nahe, von der Eiszeit im Sinne einer gewaltigen Kälteperiode zu sprechen, die durch starke Erniedrigung der Temperatur und eine allgemeine Vereisung den Untergang der Organismen auf der ganzen Nordhemisphäre bewirkt hätte. Natürlich ist eine solche Voraussetzung, wie bald erkannt wurde, mit dem Vorhandensein weiter unvereister Strecken in Mitteleuropa, die von zahlreichen Pflanzen und Tieren bewohnt waren, gänzlich unvereinbar. Derartige exzessive Verhältnisse haben auch in der Periode der stärksten Vereisung nicht bestanden, wohl aber eine Verschlechterung des Klimas, verglichen mit dem heutigen und dem Zustande der Tertiärzeit. Es fragt sich nun, ob wir vielleicht im stande sind, einen bestimmteren Ausdruck für den Grad dieser Verschlimmerung zu finden. In der That ist es gelungen, in dieser Richtung wichtige Ergebnisse zu erzielen. Namentlich haben darin die neueren Untersuchungen A. Pencks einen großen Fortschritt mit sich gebracht, weshalb sich die nachstehenden Ausführungen wesentlich auf die Arbeiten dieses Forschers stützen.

In der Eiszeit war, darin müssen wir das Wesentliche erblicken, die Gletscherentwickelung allenthalben um einen gewissen Grad intensiver als heute. Setzen wir den Fall, es läge die Schneegrenze überall um ungefähr 1000 m tiefer als gegenwärtig, so träte ungefähr jener Zustand ein, der zur Eiszeit geherrscht hat. Große Flächen Skandinaviens reichten dann über die Schneelinie hinaus und erzeugten Inlandeis, das nach allen Richtungen vorschreiten würde. Da auch in den Alpen eine viel größere Fläche von ewigem Schnee bedeckt würde, so müßte das Eis bis an den Rand des Gebirges und über diesen hinaus hervorquellen. In den Apenninen dagegen wären nur die höchsten Gipfel im Bereich des ewigen Schnees und zugleich befähigt, kurze Gehängegletscher entstehen zu lassen. So ließe sich noch an vielen Beispielen zeigen, daß wir zu den Erscheinungen der Eiszeit gelangen, wenn wir der Schneegrenze eine Lage geben, die gegenüber der Gegenwart allgemein tiefer wäre.

Nun sind wir, wie J. Partsch bewiesen hat, in der Lage, die Höhe der einstigen Schneegrenze in ehemals vereisten Gebieten ziemlich genau zu bestimmen. Unter den Bergen eines solchen Gebietes sucht man von den nicht mehr vergletscherten die höchsten, von den noch vergletscherten die niedrigsten aus. Jene ragten nicht mehr, diese noch in die Region des ewigen Schnees auf; diese geben einen oberen, jene einen unteren Grenzwert für die Höhenlage der Schneelinie ab. Das Mittel dieser Werte entspricht ungefähr der wirklichen Lage dieser Linie. Da man ferner weiß, daß die Firnlinie heutiger Gletscher in Gebirgen alpinen Charakters ungefähr in der Mitte zwischen der Höhe der Gletscherberge und der Höhe der Gletscherzungen gelegen ist, so hat man in den Fällen, wo Endmoränen erhalten sind, eine gute Kontrolle.

So konnte ermittelt werden, daß die eiszeitliche Schneegrenze im mittleren Deutschland etwa in 1000—1200 m Höhe, also um rund 1000 m tiefer lag als heute. In den Pyrenäen wurde diese Linie zu 1700 m auf dem Nordabfall, zu 2000 m auf dem Südabhang berechnet, mit einer leichten Senkung auf der ozeanischen Seite des Gebirges. In den Alpen lag die Schneelinie zwischen 1000 m im westlichen und 1400 m im östlichen Teile. Ähnlich konnte man die eiszeitliche Firnlinie auch für den Kaukasus, für die wenigen ehemals vereisten Punkte des Äquatorialgebietes, wie die Ostkordillere Boliviens und die Sierra Nevada de Santa Marta südlich vom

Digitized by Google

Karibischen Meere, sowie für die Australischen Alpen feststellen. Wenn auch viele dieser Ermittelungen bisher nur sehr rohe Werte ergeben haben, so fällt doch diese eine Gesetzmäßigkeit auf, daß die eiszeitliche Depression der Firnlinie überall ungefähr 1000 m beträgt.

Die klimatischen Faktoren, die die Lage der Schneegrenze beeinflussen, sind Niederschlag und Temperatur. Eine übergroße Vermehrung der Schneefälle im Laufe des Jahres wird demnach ebenso ein Herabrücken der Schneegrenze zur Folge haben wie eine Erniedrigung der Temperatur. Vergrößerung der vergletscherten Flächen könnte also auch ausschließlich durch Vermehrung des Niederschlages bewirkt werden. Und wirklich ist der Gedanke ausgesprochen worden, daß die Eiszeit lediglich eine Zeit gesteigerter Niederschläge, eine Zeit überfeuchten Klimas gewesen sei. Es gibt auch jetzt Länder, wo eine starke Vereisung nur unter der Herrschaft einer gleichmäßigen Wärmeverteilung und großer Niederschlagsmengen vorhanden ist. Im Feuerland an der Südspitze von Südamerika, noch mehr an der Westküste von Patagonien steigen bei gleichmäßigem und nassem Klima kaum weiter vom Äquator entfernt als Mitteldeutschland die Gletscher von den Bergen bis an das Meer herab. Es wäre ja möglich, daß sich in der Diluvialzeit in Europa die Vereisung unter ähnlichen gesteigerten Verhältnissen vollzogen hätte.

Betrachten wir die landschaftlichen Verhältnisse des Feuerlandes und Westpatagoniens, so finden wir, daß dort überaus üppiger Baumwuchs herrscht, fast undurchdringliche Wälder die tieferen Teile der Berge bis an die Grenze des ewigen Schnees bekleiden und die Gletscherzungen mitten zwischen den dichtesten Forsten ihren Weg thalab zurücklegen. Die obere Grenze der Baumregion und die untere Grenze des ewigen Schnees berühren sich; ein Höhengürtel grüner Matten, wie er zwischen jenen beiden in Europa vorhanden ist, fehlt dem Feuerlande vollständig. War also während der Eiszeit in Europa die Temperatur wirklich mild und die Gletscherentwickelung wirklich nur durch andere Wärmeverteilung und reiche Niederschläge bedingt, dann müssen wir erwarten, daß damals die obere Grenze des Baumwuchses nicht wesentlich herabgedrückt war, daß die Wälder bis dicht an den Saum des Eises reichten. In Wirklichkeit ist dies aber nicht der Fall. Eine arktische Flora von verkrüppelten Polarweiden und Zwergbirken, von Dryas und anderen Formen umgab, wie wir wissen, den Rand des nordeuropäischen Landeises und der alpinen Gletscher, und arktische Tiere (der hochnordische Halsbandlemming, der Moschusochs, der Vielfraß, der Polarfuchs und andere) belebten die arktische Steppe, die Tundra Mitteleuropas. Ferner wissen wir, daß später ein trockenes Steppenklima, und erst in der letzten Periode des Pleistocäns, an der Schwelle der Jetztzeit, ein feuchtes ozeanisches Klima folgte. Unter diesen Umständen kann es nicht dem mindesten Zweifel unterliegen, daß die außerordentliche Ausdehnung der pleistocänen Vergletscherung nicht ausschließlich einer Vermehrung der Niederschläge, sondern in erster Linie der Verminderung der Temperatur zuzuschreiben ist.

Steht dies fest, so können wir auch noch um einen Schritt weiter gehen und die mittlere Jahrestemperatur graduell zu bestimmen versuchen. Der Berechnung legen wir die Thatsache zu Grunde, daß die Jahrestemperatur mit einer Erhebung um 200 m um 1° des hundertteiligen Thermometers abnimmt. Also entspricht der eiszeitlichen Depression der Firnlinie um 1000 m eine Erniedrigung der Jahrestemperatur um 5° C. Beträgt heute die Gesamttemperatur der Erde 15° C., so erreichte sie in der Zeit der stärksten Vergletscherung nur die Höhe von 10°.

Eine andere Frage ist es, ob mit dieser Temperaturerniedrigung auch eine Vermehrung der Niederschlagsmenge Hand in Hand ging, ähnlich wie z. B. die Folgen kalter Jahre, die E. Brückner im Wechsel mit wärmeren in der Gegenwart nachgewiesen hat (vgl. Bd. I, S. 551), zugleich feuchter sind als die warmen. Wir dürfen diese Frage mit ziemlicher Sicherheit bejahen; sehen wir doch, daß die pleistocänen Flußterrassen auch in nicht vereisten Gegenden eine Ausdehnung, Mächtigkeit und Geschiebeführung gewinnen, die auf größeren Wasserreichtum, also stärkere

Digitized by Google

Niederschläge schließen läßt. Auch die „toten" Gletscher Alaskas und der Neusibirischen Inseln können mit A. Penck hier aufgeführt werden. In diesen Gegenden, die zu den kältesten der Erde gehören, liegen Eismassen vor, die als die Reste einer ausgedehnteren Vereisung gelten müssen. Sie sind, von einer Schuttdecke überzogen; konserviert worden, bewegen sich aber nicht mehr wie sonst Gletscher, sondern verharren starr in ihrer Lage: wohl nur deshalb, weil infolge des jetzigen kontinentalen trockenen Klimas dieser Striche nicht genügend Eis nachwächst, um die älteren Partien vorzupressen. In der Pleistocänzeit mußte ein feuchteres Klima bestanden haben, das diese Gletscher mit reichlicherer Nahrung versorgte. Unter dieser Voraussetzung eines zugleich feuchteren Klimas bedarf es nicht einmal der Temperaturerniedrigung um volle 5° C., um die Erscheinungen der Eiszeit zu erklären. Noch günstiger stellt sich das Temperaturverhältnis, wenn man erwägt, daß durch die gewaltigen Eismassen der pleistocänen Vergletscherung dem Meere so viel Wasser entzogen wurde, daß der Meeresspiegel nach der Berechnung von A. Penck um etwa 100 m gesenkt war. Von der Depression der glazialen Firngrenze um 1000 m ist also ein Zehntel als eine Folge der Vergletscherung aufzufassen. Erwägungen dieser Art benehmen der Eiszeit noch mehr den Charakter einer entsetzlichen Kälteperiode.

Lebhaft ist die Frage besprochen worden, ob die zwei oder drei Vergletscherungen der Pleistocänzeit mit den dazwischen liegenden wärmeren Interglazialperioden nur Schwankungen einer großen Eiszeit bilden oder ob sie als selbständige Eiszeiten aufzufassen seien. Zweifellos war das Pleistocän eine Zeit großer, wiederholter Klimaschwankungen. In der Gegenwart bieten die Brücknerschen Klimaschwankungen einige Ähnlichkeit, nur waren die eiszeitlichen nach Dauer und Intensität unvergleichlich gesteigert. Sobald nur die Thatsachen richtig erfaßt sind und festgestellt ist, wie weit der jedesmalige Gletscherrückzug in der Interglazialzeit gereicht, welches Klima geherrscht, welche Faunen und Floren gelebt haben, so ist es an sich ziemlich gleichgültig, ob man die verschiedenen pleistocänen Vereisungen als große Eiszeit zusammenfaßt, oder ob man von einer selbständigen ersten, zweiten und dritten Eiszeit spricht. Wichtig ist nur die Frage, ob die gewaltigen Klimaschwankungen der großen pleistocänen Eiszeit eine in sich abgeschlossene Episode vorstellen oder ob wir ferneren Wiederholungen entgegengehen. Hierauf aber hat die Wissenschaft noch keine befriedigende Antwort. Was jedoch die Vergangenheit betrifft, so müssen wir bis zur Kohlenformation zurückgehen, um Spuren ähnlicher Erscheinungen zu finden.

Das außereuropäische Dilnvium (Pleistocän).

Wenigstens in flüchtigen Zügen müssen wir die Entwickelung des Pleistocäns außerhalb Europas kennen lernen. Mit noch gewaltigerem Umfange als in Nordeuropa breitete sich Inlandeis in Nordamerika aus. Zwischen beiden aber lag in dem durch sein unwirtliches Klima sonst so berüchtigten Sibirien ein fast gletscherfreies Kontinentalgebiet, obwohl es zu besonders starker Ausprägung der glazialen Erscheinungen der Eiszeit scheinbar in höherem Grade vorbestimmt war als irgend ein anderes Land. Vergebens sucht man in der riesigen Ebene Sibiriens nach Moränen, Gletscherschliffen und fremden Blöcken: nur das verschwindend kleine Gebiet der Inseln Neusibirien war vergletschert. Auch im Apfelgebirge und in den übrigen hohen Gebirgszügen östlich vom Baikalsee sind ausgedehnte Gletscherspuren nicht bekannt, im Altai-Gebirge gering und erst im Tiënschan und im Himalaya umfangreicher. Der scheinbare Widerspruch klärt sich aber leicht auf: Bestand das Wesen der Eiszeit wirklich in einer Steigerung der gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse, so war zu erwarten, daß Nord- und Zentralasien, diese jetzt so überaus trockenen Kontinentalgebiete, auch in der Eiszeit mangels genügender Feuchtigkeit keine nennenswerte Vergletscherung hervorbringen konnten.

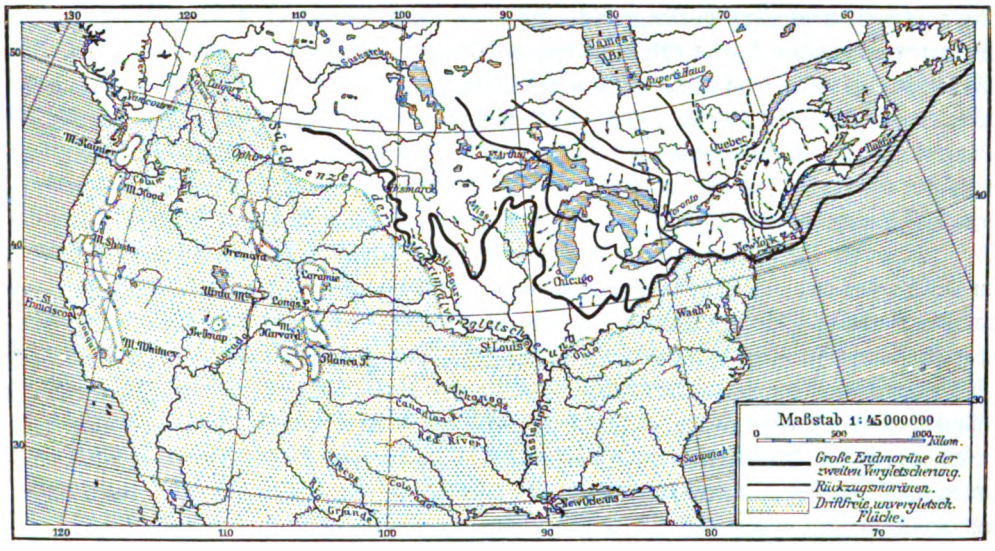
Digitized by Google

Die Grenzen des Eismeeres wichen unbedeutend von den heutigen ab. Nur im Mündungsgebiet des Jenissei griff das Arktische Meer busenförmig bis zu 67,5° nördlicher Breite ein; die Küsten der Bering-Straße waren vielleicht etwas stärker bespült, und endlich war die Spitze der Insel Neusibirien untergetaucht. Dagegen war das Kontinentalgebiet in der Gegend der neusibirischen Inselgruppe erweitert, da diese mit dem Festlande zusammenhing. Eine weite Salzwasserfläche deckte das aralokaspische Gebiet im Raume zwischen dem 50. und 42. Grade nördlicher Breite, dehnte sich nach Osten über den Aralsee hinaus, erreichte aber wahrscheinlich nicht den Balchasch-See. Mit dem Arktischen Meere war bestimmt keine Verbindung vorhanden, wie man früher angenommen hatte. Reißende Bergströme verteilten zu Beginn des Pleistocäns grobe Schotter und Sande weit über die Ebene. Darüber breitete sich in der jüngeren Pleistocänzeit eine mächtige Wechselfolge von Sand, sandigem Lehm mit Süßwasserkonchylien und Löß aus. Das sibirische Diluvium besteht also durchaus aus Ablagerungen von Flüssen und ausgedehnten Seen. Diese konnten den Feuchtigkeitsgrad der Luft nicht wesentlich erhöhen, da sie ja alljährlich lange Zeit zugefroren waren. Auch Aufeis bildete sich in diesen Seen und hat sich, merkwürdig genug, in Form wiederholter Eislagen zwischen Sand und Lehm im nördlichsten Teile des Gebietes bis auf den heutigen Tag als Bestandteil der jüngeren Pleistocänablagerungen erhalten. Im südlichen Sibirien kommen in diesem jüngeren Pleistocän als Reste der damaligen Riesensäugetiere nur Knochen vor; weiter nördlich, in der Zone des ewig gefrorenen Bodens, haben sich darin auch die Weichteile, Haut und Haare, geschützt durch die herrschende Kälte, erhalten, desgleichen im nördlichsten, das Aufeis führenden Gebiete. Hier wurde am Wilui-Flusse das Pallassche Exemplar des Rhinoceros tichorhinum entdeckt; am nördlichen Jenissei kam das von F. Schmidt ausgegrabene Mammutexemplar mit den Weichteilen, Haut und Haaren, an der Lena das Adamssche Mammut zu Tage (vgl. S. 445). Endlich wurden weiter östlich in der Gegend der Flüsse Indigirka und Alaseja, wo die Eiszwischenlagen vorkommen, von Maydell Mammutreste mit Haut und Haaren ausgegraben.

Unstreitig das merkwürdigste Vorkommen ist aber das der Neusibirischen Inseln, das durch die Forschungen von Bunge und E. von Toll bekannt geworden ist. An der großen Ljachow-Insel (zwischen 73 u. 74° nördl. Breite) liegen über einer zusammenhängenden, bis zu 20 m mächtigen Masse durchsichtigen, graugrünen Eises ähnliche lehmig-sandige Schichten wie in der sibirischen Ebene, mit Stämmen, Blättern und Zweigen von Betula nana und Weiden und mit zahlreichen Kadavern der eiszeitlichen Riesensäuger. Die Oberfläche des Eises ist unregelmäßig wellig gestaltet. Die Eismasse selbst wird von breiten Klüften durchzogen, die mit demselben Lehm erfüllt sind, der die Deckschicht bildet; auch in diesen Spalten haben Mammute ihr kaltes Grab gefunden. Hier bestand also in der ersten Periode des Pleistocäns eine Vergletscherung, deren südliche Ausdehnung wenigstens nur unbedeutend war; denn man kennt diese Eismassen nur noch von der Insel Kotelnj, von der Halbinsel Bykow an der Lenamündung und von dem Neusibirien gegenüberliegenden Festlandsstreifen. Später blieb der Nachschub von Eis infolge der Abtrennung der Inseln nach Norden hin und vielleicht auch infolge klimatischer Veränderungen aus. Der Gletscher verlor seine Bewegung, und die starr gewordene, abgestorbene Eismasse wurde von oben abgewaschen und teilweise gelöst, dann aber von den Fluß- und See-Ablagerungen der jüngeren Pleistocänzeit überdeckt. Die Seen, die sich hier über Gletschereis ausbreiteten, hatten ein so erwärmtes Wasser, daß sich Mollusken und Insekten entwickeln und genug üppige Wiesen, Birken- und Weidengestrüpp entstehen konnten, um großen Mammut- und Rhinozerosherden Nahrung zu bieten. Ähnlich werden abgestorbene Gletscher, die in Alaska entdeckt worden sind, von Sand und lehmigem Schlamm bedeckt, auf dem sich im Sommer ein undurchdringliches Gestrüpp und selbst echte Waldvegetation entwickelt.

Digitized by Google

In dieser nördlichsten Zone Sibiriens, in der die Fröste heute —68° C. (Werchojansk 1885) erreichen, und auf den Neusibirischen Inseln lebten in der jüngeren Pleistocänzeit nicht nur große Mammut- und Nashornherden, sondern auch wilde Pferde, Edelhirsche, Wisents, Saiga-Antilopen und selbst der Tiger, der heute bis hinter den 55. Grad nördlicher Breite zurückgegangen ist. Selbst wenn man Sommerwanderungen mit berücksichtigt, konnte dies doch nur unter der Herrschaft eines Klimas möglich gewesen sein, das weitaus günstiger war als das heutige. Dieser Periode einer starken Verschiebung der nördlichen Waldgrenze und der davon abhängigen Fauna nach Norden war aber eine Zeit vorausgegangen, in der der Eisfuchs, der Ob-Lemming und der Moschusochs, also hochnordische Tiere, bis in das südliche Sibirien, dieser bis zum 57. Grade, jene bis zum 54. Grade nördlicher Breite, vorgedrungen waren. Diese ältere Periode des strengsten Klimas entspricht, so scheint es wenigstens, der Zeit der stärksten Gletscherausbreitung in Europa,



Karte der Verbreitung des Diluvialeises in Nordamerika. (Die Moränen nach Warren Upham.)

während die folgende Periode günstigeren Klimas, in der die Waldgrenze wieder nach Norden vorgeschoben wurde, mit der Interglazialzeit Europas, die ja auch diesem Weltteil ein besseres Klima gebracht hatte, zusammenfallen dürfte. Die Verschlechterung des Klimas mochte wiederum im Gefolge der letzten europäischen Vereisung eingetreten sein. Schließlich dürften sich allmählich die heutigen Verhältnisse herausgebildet haben.

Nun zu dem großartigen Glazialgebiete Nordamerikas. Was hier zuerst auffällt, ist die gewaltige Ausdehnung der vergletscherten Fläche (s. obenstehende Karte), die namentlich auf der atlantischen Seite des Kontinents, entsprechend der hier weit größeren Niederschlagsmenge, weit nach Süden, bis zum 39. Grade nördlicher Breite, also etwa bis in die Breite von Lissabon, reichte. Die Südgrenze der Maximalvergletscherung ist an der südöstlichen Küste von Massachusetts an den Inseln Nantucket, Marthas Vineyard, No Man's Island, Long Island zu erkennen. Im nördlichen Teile des Staates New Jersey geht die Südgrenze auf das Festland über, tritt nördlich von Easton in Pennsylvanien ein, wo sie einen großen Bogen nach Norden beschreibt, um in mehreren Bogen über Ohio und Indiana gegen Südwesten zu ziehen. Unweit nördlich vom Zusammenfluß des Ohio mit dem Mississippi wird der südlichste Punkt erreicht. Von da folgt die gegen Nordwesten schwenkende Grenzlinie ungefähr dem Missouri und biegt

Digitized by Google

dann nach Norden in das Ursprungsgebiet des Saskatschewan ein. Hier verbindet sich das große Inlandeis mit der lokalen Vergletscherung des nördlichen Kaskadengebirges.

Nördlich von der geschilderten Linie war das ganze amerikanische Festland vereist. Nur der alleräußerste Nordwesten Alaskas hatte keine Gletscher: hier treffen wir den gefrorenen Eisboden wie in Sibirien. Im südlichen Alaska dagegen haben sich auf den Neusibirischen Inseln tote Gletschermassen erhalten. Auch die Inseln des Polararchipels waren wie Grönland noch heute vereist, ebensowohl die Hudson-Bai und das Meer zwischen jenen Inseln, während dies für die Davis-Straße zwischen Grönland und Labrador ihrer Tiefe wegen (Maximum fast 2000 Faden) wenig wahrscheinlich ist.

Im ganzen hat das Studium der nordamerikanischen Vereisung überraschende Analogien zu den europäischen Verhältnissen ergeben. An zahllosen Stellen sieht man die Felsoberflächen geglättet und geschrammt, und die Richtung der Schrammungslinien ergibt für die atlantische Region ein fächerförmiges Ausstrahlen des Eises von einem Zentrum, das der großen kanadischen Wasserscheide zwischen Hudson-Bai und Lorenz-Strom nördlich von Montreal entspricht. Die Mächtigkeit des Eises muß enorm gewesen sein. An der Nordseite von Mount Washington, der höchsten Spitze der Weißen Berge (White Mountains) in New Hampshire, reichen die Glazialablagerungen bis zu einer Höhe von 1770 m und zu 1330 m auf Mount Mansfield, dem Hauptgipfel der Grünen Berge (Green Mountains) in Vermont, und natürlich war dessen Stand an dem 700 km weiter nördlich gelegenen Zentrum der Vereisung noch bedeutend höher.

Wie in Europa nehmen auch in Nordamerika die Glazialbildungen von Norden nach Süden an Mächtigkeit ab, und man unterscheidet auch da einen unteren und einen oberen Geschiebemergel, die durch geschichtete Sandlagen, Interglazialschichten, voneinander getrennt sind. Was aber in Europa in dieser Großartigkeit seinesgleichen nicht hat, das sind die großen End- und Rückzugsmoränen der nordamerikanischen Vereisung. Am deutlichsten und mächtigsten ist der südliche, als Endmoräne der zweiten Vergletscherung angesprochene Moränenzug ausgeprägt (s. die „Karte der Verbreitung des Diluvialeises in Nordamerika", S. 459): eine lange Reihe unregelmäßiger Hügel, deren oberer Teil aus geschichtetem Sand und Geröllen, deren unterer aus Geschiebelehm besteht. Häufig laufen zwei solche Züge annähernd parallel, um sich dann wieder zu vereinigen. Abgestumpfte Kegel, gerundete Rücken, unregelmäßige Ketten sind wirr gruppiert, und dazwischen liegen eingesenkte Becken. Wo zwei solche Züge vorhanden sind, ist jeder etwa 15—18 km breit, und beide sind durch eine 35—40 km breite Niederung voneinander getrennt; im allgemeinen erinnert die Schilderung dieser Gebilde an den äußeren Kranz der unverwaschenen Moränenzone am Rande der Alpen. Der Verlauf der großen Endmoräne zeigt, daß die gewaltige Inlandeisfläche an ihrem Südrande in weit vorgestreckte Zungen auslief, zwischen denen tiefe eisfreie Buchten lagen. Außer dieser großen Endmoräne werden in Amerika noch mehrere Rückzugsmoränen unterschieden, die in Europa der baltischen Rückzugsmoräne, den Rückzugsmoränen Skandinaviens und Finnlands entsprechen.

Eine fernere Eigentümlichkeit Nordamerikas ist eine driftfreie, also unvergletschert gewesene Fläche des Staates Wisconsin mitten im ehemals vereisten Gebiete. Diese Partie, etwa so groß wie die preußischen Rheinlande, zeichnet sich auch heute durch große Trockenheit aus. Entweder war dies der Grund dieser Erscheinung oder die Bewegungsrichtung der Eisströmung in den benachbarten Gegenden. Mit den Åsars des nordeuropäischen Pleistocäns sind in Nordamerika die Drumlins zu vergleichen, langgezogene oder elliptische Hügel von 7—60 m Höhe und 100—1600 m Länge, deren Längsachse den Schrammen des Untergrundes, also der Bewegungsrichtung des Eises parallel läuft. Über die Entstehung dieser merkwürdigen Drumlins ist man noch nicht zu befriedigenden Vorstellungen gelangt.

Digitized by Google

Ein jüngeres Glied der nordamerikanischen Diluvialablagerungen bilden mächtige geschichtete Sande, Gerölle, Thone 2c., deren Entstehung bald der umlagernden Thätigkeit der Wasser zugeschrieben wird, die dem abschmelzenden Eis entströmten, bald mit einer regenreichen Periode in Verbindung gebracht werden, die nach der Eiszeit eingetreten sein soll. Auch lößartige Ablagerungen und echter Löß sind in Nordamerika in weiter Verbreitung und unter denselben geologischen Verhältnissen wie in Europa nachgewiesen worden. Zahlreiche Flußterrassen zeugen deutlich von den großen Veränderungen, die damals in dem Laufe der Wasser vor sich gingen. Gleichzeitig fand ein ziemlich starkes Übergreifen des Meeres statt, ähnlich wie in Skandinavien und Schottland. Auch die Fauna, die in den Ablagerungen dieses Meeres auftritt, hat viele Beziehungen zu der der Yoldienthone Europas. Interessant dabei ist, daß diese Meeresbildungen der jüngeren Pleistocänzeit, der Champlainperiode, um so mehr ansteigen, je mehr man sich nach Norden wendet. Im südlichen Teile von Neuengland reichen sie bis zu 3—8 m über dem jetzigen Meeresspiegel, auf der Insel Nantucket, südlich von Boston, zu 27 m, bei Point Stirley nächst Boston zu 30 m; an der Küste von Maine steigen sie zu 65 m, am Champlain-See über 100 m, und an den Ufern des Lorenz-Stromes bei Montreal finden sie sich in etwa 140 m und reichen von hier bis in das Becken des Ontariosees. Noch etwas höher liegen sie an der Küste von Labrador, und im höchsten Norden, an der Barrow-Straße, auf der Cornwallis- und Beechey-Insel, stehen sie noch bei mehr als 300 m Höhe an. Die amerikanischen Geologen schließen hieraus auf eine postglaziale Hebung des vordem vereisten Gebietes und führen auch die eigentümliche Höhenlage der Terrassen an den postglazialen großen Landseen, wie am Agassiz-See und anderen, auf dieselbe Ursache zurück (vgl. Band I, S. 411).

Gerade diese Seite des Glazialphänomens wird jetzt in Nordamerika so lebhaft erörtert, daß eine andere wichtige Frage, die nach der Wiederholung der Vergletscherungen, zurücktritt. Im allgemeinen neigt man in Nordamerika mehr zur Annahme der Einheitlichkeit der Eiszeit als in Europa. Zur Erklärung der Interglazialbildungen denkt man vornehmlich an Verhältnisse, wie sie die Gletscher Alaskas und die Neusibirischen Inseln darbieten, wo ja geschichtete Ablagerungen auf Gletschereis ausgebreitet und von Baumvegetation überzogen sind. In Europa sind aber diese Verhältnisse so genau studiert, daß man bei der durchgreifenden Übereinstimmung zwischen den amerikanischen und den europäischen Glazialbildungen keinen Grund hat, von der in Europa erkannten Wiederholung der Vergletscherung abzugehen. Ja, Amerika bietet in unvereisten Gegenden neue Stützen für diese Anschauung.

Im Großen Becken, dem Gebiet ohne Abfluß nach dem Meere östlich von der Sierra Nevada, breiteten sich in der Pleistocänzeit umfangreiche Seen aus, deren größte die Namen Bonneville-See und Lahontan-See erhalten haben. Jener liegt am Ostrande des Beckens am Fuße des Wahsatchgebirges und bedeckte ein Areal, das etwa zwei Drittel des Königreichs Bayern betragen mochte; heute ist er bedeutend eingeschrumpft: der Überrest des ehemaligen Bonneville ist der berühmte große Salzsee der Mormonen in Utah, dessen Oberfläche noch 15,000 qkm beträgt. Lahontan liegt dem Bonneville gerade gegenüber an der Westseite des Beckens, ist zwar kleiner, aber immerhin noch bedeutend. Außerdem sind noch 19 geringere diluviale Seen erkannt worden, die heute entweder ausgetrocknet oder stark eingeschrumpft sind. Über die beiden großen Wasserbecken liegen nähere Berichte von Gilbert, King und Russell vor. Die Anzeichen, daß der Bonneville wirklich ein See war, liegen in den vorhandenen Ablagerungen und in der ausgezeichneten Terrassenbildung; die höchste unter diesen, die Bonneville-Terrasse, liegt etwa 330 m über dem heutigen Spiegel des großen Salzsees: so weit muß also damals das Wasser gereicht haben. Außerdem ist noch eine zweite, die Provo-Terrasse, 130 m unter der ersten, durch ihre scharfe Ausbildung ausgezeichnet; zwischen beiden liegen noch vier oder fünf andere, während sie

Digitized by Google

unterhalb der Provo-Linie ziemlich undeutlich werden. Die Ablagerungen des Sees sind von zweierlei Art; zu unterst liegt ein gelber Thon, und dieser wird von einem weniger mächtigen weißen Mergel bedeckt. In vordiluvialer, pliocäner Zeit war hier kein See vorhanden, der den heutigen Salzsee wesentlich übertroffen hätte. Die stärkere Wasserbedeckung begann in der diluvialen Zeit. In dem ersten Abschnitt wurde der gelbe Thon, in dem zweiten der weiße Mergel abgelagert. Zwischen beide schieben sich vielfach Flußschotter ein, und an solchen Stellen ist die Oberfläche des gelben Thones denudiert. Man kann daraus nur den einen Schluß ziehen, daß zwischen der Bildung des gelben und des weißen Sediments der größte Teil des Bonneville-Sees eintrocknete. Rinnendes Wasser konnte das unterliegende Sediment angreifen und Flußschotter absetzen; dann nahm die Wassermenge wieder zu, und es bildete sich der weiße Mergel.

Von Wichtigkeit ist es, zu bemerken, daß ganz entsprechende Beobachtungen auch am Lahontan und den kleineren Seen gemacht worden sind: auch diese trockneten während der Diluvialzeit ein und füllten sich wieder. Die erste Schwellung des Sees reichte nicht ganz so hoch wie die zweite, und zu jener Zeit war kein Abfluß vorhanden. Die zweite Anschwellung, die 330 m über das heutige Niveau des Salzsees reicht, verschaffte sich einen Abfluß nach Norden, und diese ablaufenden Wasser tieften den Kanal so aus, daß die Oberfläche des Sees sank. Dieser Zeit gehören die Terrassen an. Die Bonneville-Terrasse entspricht dem höchsten Stande des Sees, die anderen bis hinunter zu der 130 m tiefer liegenden Provo-Terrasse einzelnen Stillständen in der Austiefung des Abflusses; die Provo-Terrasse wurde dadurch gebildet, daß eine widerstandsfähige Kalkbank in dem Flußbette auftrat, die das Einschneiden stark verzögerte. Dann trat wieder trockeneres Klima ein, und die weitere Zusammenschrumpfung des Sees, der von nun ab wieder keinen Abfluß besaß, geschah nur durch Verdunstung.

Es liegt nahe, die zweimalige Füllung und Wiederaustrocknung dieser Seen denselben Ursachen zuzuschreiben wie das zweimalige Vorrücken und Wiederabschmelzen der Gletscher. Etwas erniedrigte Temperatur und etwas erhöhte Niederschlagsmengen konnte die Füllung der Seebecken wie die Vereisung veranlassen. Wir sehen daher hier, wie sich die Eiszeit in dem Wüstendistrikt des Großen Beckens geltend machte, erfahren aber auch, daß die Zeit der zweiten Vereisung lang genug war, um dem Abfluß des Sees die Einschneidung eines 130 m tiefen Thales zu ermöglichen. Es läßt das um so mehr auf eine ungemein lange Dauer schließen, als der Abfluß eines Sees kein Gerölle und keinen Sand führt und daher nur langsam zu erodieren vermag. Außer dem großen Landeis hat Nordamerika im Felsengebirge, namentlich aber im Kaskadengebirge und der Sierra Nevada, eine lokale Vergletscherung aufzuweisen.

Weiter südlich war das Hochplateau von Anahuac vergletschert; und in Südamerika sind selbst in einer dem Äquator sehr genäherten Gegend Gletscherspuren entdeckt worden. Die Sierra de Santa Marta, ein unter 11° nördlicher Breite im nördlichen Kolumbien gelegenes, isoliertes Gebirge, das auch jetzt mit seinem 5500 m hohen Hauptgipfel bis in die Schneeregion reicht, zeigt deutlich frühere Vereisung. Sievers schildert von dort Moränen und mit der Vereisung zusammenhängende Hochgebirgsseen, und auch in den Anden von Merida, südlich vom See von Maracaibo in Venezuela, zwischen dem 7. und 10. Grad nördlicher Breite, sind nach demselben Beobachter („Amerika", S. 141 f.) Spuren von ehemaliger Vereisung vorhanden. Außerhalb der heißen Zone war Südamerika in Chile, Patagonien und dem Feuerlande mit riesigen Eismassen bedeckt, die sich von Ozean zu Ozean erstreckten.

Wir wenden uns der näheren Betrachtung der amerikanischen Diluvialsäugetiere zu, vor allem der Nordamerikas. Das Mammut, das verbreitetste unter den Riesentieren unserer Quartärbildungen, tritt auch in Amerikas nördlichen Gegenden auf, besonders häufig in der Nähe der Bering-Straße. In den südlicheren Regionen kommt ein anderer, dem Mammut

Digitized by Google

nahe verwandter Elefant (Elephas americanus) vor. Außerdem kennen wir von Europa her den Moschusochsen; der fossile Bison Amerikas steht dem unseren sehr nahe, der graue Bär ist beiden Erdteilen gemeinsam, ein großer Löwe findet sich auch hier, und noch sonst sind manche Übereinstimmungen zu nennen. Dagegen ist noch keine Spur von Rhinozeros oder Flußpferd, von Höhlenbären oder Hyäne gefunden worden.

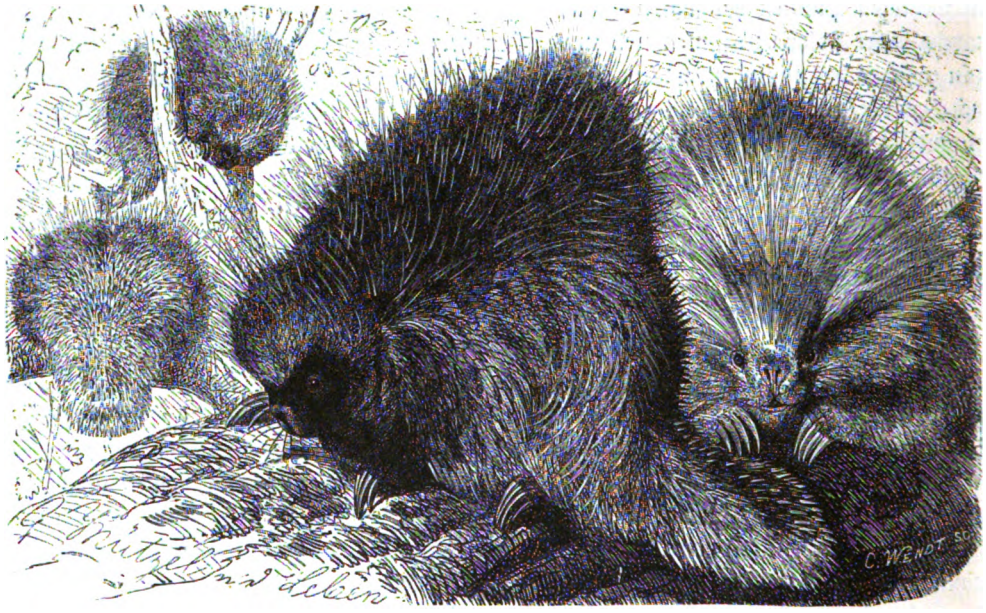
Dieselbe Rolle wie bei uns das Mammut spielt in Nordamerika das gewaltige „Ohiotier" (Mastodon americanus, giganteus oder ohioticus), das mit den größten diluvialen Elefanten unserer Gegenden an Körperentwickelung wetteifert. Diese ausgezeichnet jochzähnige Form scheint den nördlichsten Bezirken zu fehlen, findet sich in Kanada und Neuschottland, am häufigsten im nördlichen Teil der Vereinigten Staaten, kommt aber auch weiter südlich bis nach Texas vor. An mehreren Punkten hat man vollständige Skelette entdeckt, namentlich in Sümpfen, worin manche dieser Kolosse versunken und ums Leben gekommen zu sein scheinen; ja, bei einem hat man zwischen den Rippen noch Reste des Mageninhalts gefunden: Zweige und Nadeln eines jetzt noch dort vorkommenden Lebensbaumes (Thuja occidentalis). Das Vorkommen von Mastodon im amerikanischen Diluvium ist bemerkenswert, da bei uns die Gattung schon vor dem Ende der Pliocänzeit erlischt; sie hat sich also in der Neuen Welt viel länger erhalten. Eine andere merkwürdige Erscheinung ist das verbreitete Vorkommen von teilweise sehr großen Pferdearten. Sie sind von unserem Pferde der Art nach verschieden, und da die Stammtypen der Gattung sowohl in Amerika als auch bei uns vorkommen, so dürften sich diese Formen hier selbständig entwickelt haben. Was ihr Auftreten in Nord- und in Südamerika besonders auffallen läßt, sind ihre späteren Schicksale. Die amerikanischen Pferde starben aus, und als die Europäer die Neue Welt betraten, gab es dort keine Vertreter der Gattung. Aber die gezähmten Exemplare, die eingeführt wurden, gediehen ausgezeichnet, verwilderten und bevölkern nun in großen Herden viele Steppengebiete im Norden und Süden. Die Lebensverhältnisse sind also jetzt wie in einer früheren Zeit auffallend günstig. Inzwischen muß aber eine Periode eingetreten sein, wo es anders war und das ganze Geschlecht ausstarb. Wohl hat man aus Berichten, die die Pampasgegend kurze Zeit nach dem ersten Erscheinen der Spanier darstellen, das ursprüngliche Vorhandensein einheimischer Wildpferde zu folgern gesucht; doch sind die Belege für diese Annahme ungenügend. Von anderen ausgestorbenen Formen sind etwa noch Bären zu nennen, ein großer Hirsch, der hinter dem irischen Riesenhirsch an Größe kaum zurückbleibt, und andere mehr.

Eine dritte Gruppe von Formen umfaßt solche Tiere, die der nordamerikanischen Fauna der Jetztzeit entsprechen, ohne in Europa nahe Verwandte zu besitzen. Hierher gehören: ein Pekari (Dicotyles), von Raubtieren der Waschbär, von Nagern das kanadische Baumstachelschwein (Erethizon; s. Abbild., S. 464) und Castoroides, ein dem amerikanischen Biber nahe stehendes, aber größeres Tier. Endlich sind hier noch zwei Arten Tapire anzureihen, da ihre Vorfahren in Nordamerika lebten, während jetzt die Gattung der nearktischen Region fehlt.

Das vierte Element endlich, das wir in der nordamerikanischen Diluvialfauna unterscheiden können, ist das südamerikanische. Wir finden ein Wasserschwein oder Capybara, ein großes Nagetier, wie es heute an den Flüssen von Paraguay und der Argentinischen Republik lebt. Am wichtigsten aber ist das Auftreten riesiger, mit den Faultieren verwandter Edentaten aus den Gattungen Megatherium, Mylodon und Megalonyx, die sich ähnlich, nur viel reicher, auch in den diluvialen Ablagerungen der Argentinischen Republik, Patagoniens und benachbarter Länder finden. Die großen Edentaten treten in Nordamerika nur im südlichen Teile auf und geben sich auch dadurch als Ankömmlinge aus wärmeren Gegenden zu erkennen. Sie fehlen in Kanada und sind auch im nördlichsten Teile der Vereinigten Staaten noch sehr selten. So können wir, abgesehen von einigen nicht sicher deutbaren Vorkommnissen, drei Haupttypen von Säugetieren im

Digitized by Google

nordamerikanischen Diluvium unterscheiden, deren jeder eine andere Herkunft hat: eine eingeborene nordamerikanische Bevölkerung, Einwanderer aus dem europäisch-nordasiatischen Festlande, endlich solche aus Südamerika. Wir können daraus schließen, daß damals die Bering-Straße zwischen Alaska und dem nordöstlichen Sibirien noch geschlossen war, während schon eine Verbindung mit Südamerika existierte. Wir haben uns in einem früheren Abschnitt (S. 415) überzeugt, daß die beiden amerikanischen Kontinente während des größten Teiles der Tertiärzeit durch Meer voneinander geschieden waren; nur vorübergehend war eine Verbindung während der Miocänzeit vorhanden. Dann wurde diese Verbindung der Festländer unterbrochen, und erst zu Ende des Tertiärs oder zu Anfang der Diluvialzeit wurde sie wiederhergestellt.



Baumstachelschwein (Erethizon dorsatum). 1/6 natürl. Größe. Vgl. Text, S. 463.

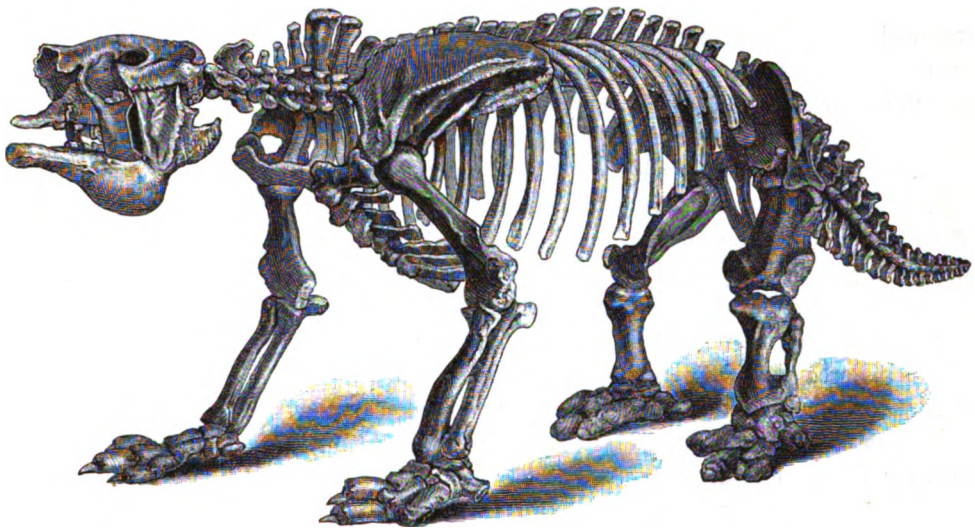
Eigentümlich ist der Anblick, den die südamerikanische Diluvialfauna gewährt, die teils im Pampaslöß (vgl. S. 371 und 413), teils in Knochenhöhlen erhalten ist. Zwar hat eine Anzahl von Einwanderern aus dem Norden Beziehungen zu Nordamerika; weitaus den wichtigsten Bestandteil der Fauna aber bilden die erbgesessenen alten Geschlechter, unter denen Edentaten, gewisse Gruppen von Nagern und von den Vögeln der amerikanische Strauß (Rhea) die Hauptrolle spielen, lauter Typen, die auch heute die südamerikanische Fauna charakterisieren.

Als entschiedene Einwanderer vom Norden her sind in erster Linie einige elefantenähnliche Tiere, Mastodonten (Mastodon Andium und Humboldti), zu nennen, die weit verbreitet sind, aber hier keine herrschende Stellung einnehmen; ferner Hirsche und Pferde sowie das den Pferden verwandte Hippidium. Auch die Mehrzahl der Raubtiere dürfte hierher zu rechnen sein. Unter ihnen übertrifft ein messerzähniger Tiger (Machairodus neogaeus; s. Abbildung, S. 330) alle Angehörigen seiner Gattung durch die ungeheure Entwickelung seiner weit aus dem Rachen hervorragenden Eckzähne; daneben gibt es eine pantherähnliche Katze (Felis protopanther) und einige andere verwandte Arten, Bären und Hunde. Endlich müssen zu den Einwanderern von Norden her, so seltsam es klingen mag, auch der Tapir und das Lama gerechnet werden, obwohl sie jetzt (abgesehen von dem Tapir der malayischen Region) nur in Südamerika leben.

Digitized by Google

Während in Südamerika keine Spur eines tertiären Tapirs oder Lamas oder auch nur irgend einer anderen verwandten Gattung gefunden worden ist, sind in Nordamerika die Vorfahren im Tertiär mehrfach vertreten. Wahrscheinlich muß auch das Pekari oder Nabelschwein (Dicotyles), das jetzt in Südamerika und in Nordamerika bis nach Texas lebt, hierher gerechnet werden, da der Schweinestamm dem Süden sonst ganz fremd ist.

Unter den eingeborenen, seit langer Zeit ansässigen Südamerikanern nehmen weitaus die erste Stelle die Edentaten ein, die heute in derselben Gegend noch durch Faultiere, Gürteltiere und Ameisenbären vertreten sind, aber in der Diluvialzeit ungemein mehr entwickelt waren (vgl. S. 360). Die Megatherien, riesige, den Faultieren verwandte Geschöpfe, unterscheiden sich von diesen, abgesehen von ihrer Größe, durch das Vorhandensein eines geschlossenen Joch-



Megatherium, aus den Pampasthonen. (Nach Photographie.)

bogens am Schädel und durch andere minder wichtige Charaktere. Ein eigentümlicher absteigender Fortsatz des Jochbogens kommt ihnen wie den Faultieren und den Glyptodonten zu.

Megatherium war ein Tier, das an Größe hinter einem Elefanten nur wenig zurückblieb (s. obenstehende Abbild.). Sein Rumpf ist von mächtiger Stärke, die Beine sind außerordentlich kräftig und namentlich die Hinterextremitäten von einer Massenhaftigkeit des Knochenbaues, wie sie bei keinem Säugetiere außerhalb des Kreises der Edentaten mehr vorkommt. Die vorderen Extremitäten sind etwas leichter gebaut, aber immerhin noch von riesiger Stärke; die Zehen waren mit überaus starken und kräftigen Krallen bewehrt. Im übrigen Skelettbau fällt die Stärke des Schultergürtels, ferner die ganz ungeheuer massige Entwickelung des Beckens und des Schwanzes auf. Im Gegensatz dazu ist der Kopf verhältnismäßig klein, und an ihm sind wieder nur die Teile stärker entwickelt, die dem Geschäfte des Kauens gewidmet sind: der Unterkiefer, die Jochbogen und die anderen zum Ansatz der Kaumuskeln dienenden Teile, während die Schädelkapsel und mithin das Gehirn auffallend geringe Größe aufweisen. Die Bezahnung bestand aus fünf Backenzähnen im Oberkiefer, vier im Unterkiefer, die dicht aneinander gedrängt standen; die einzelnen wurzellosen Zähne stellen Dentinsäulen von quadratischem Durchschnitt dar, die bei der Abkauung oben zwei Querjoche bilden. Von vorn nach hinten wird an diesem Ungeheuer alles schwerer und plumper; der kleine Kopf und Hals, die zwar langen, aber nicht

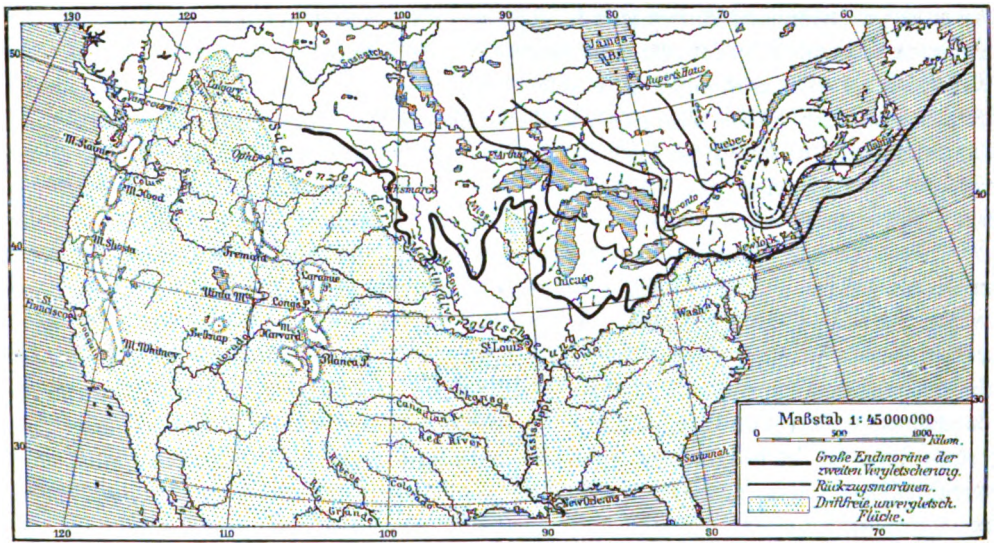
Digitized by Google

Die Grenzen des Eismeeres wichen unbedeutend von den heutigen ab. Nur im Mündungsgebiet des Jenissei griff das Arktische Meer busenförmig bis zu 67,5° nördlicher Breite ein; die Küsten der Bering-Straße waren vielleicht etwas stärker bespült, und endlich war die Spitze der Insel Neusibirien untergetaucht. Dagegen war das Kontinentalgebiet in der Gegend der neusibirischen Inselgruppe erweitert, da diese mit dem Festlande zusammenhing. Eine weite Salzwasserfläche deckte das aralokaspische Gebiet im Raume zwischen dem 50. und 42. Grade nördlicher Breite, dehnte sich nach Osten über den Aralsee hinaus, erreichte aber wahrscheinlich nicht den Balchasch-See. Mit dem Arktischen Meere war bestimmt keine Verbindung vorhanden, wie man früher angenommen hatte. Reißende Bergströme verteilten zu Beginn des Pleistocäns grobe Schotter und Sande weit über die Ebene. Darüber breitete sich in der jüngeren Pleistocänzeit eine mächtige Wechselfolge von Sand, sandigem Lehm mit Süßwasserkonchylien und Löß aus. Das sibirische Diluvium besteht also durchaus aus Ablagerungen von Flüssen und ausgedehnten Seen. Diese konnten den Feuchtigkeitsgrad der Luft nicht wesentlich erhöhen, da sie ja alljährlich lange Zeit zugefroren waren. Auch Aufeis bildete sich in diesen Seen und hat sich, merkwürdig genug, in Form wiederholter Eislagen zwischen Sand und Lehm im nördlichsten Teile des Gebietes bis auf den heutigen Tag als Bestandteil der jüngeren Pleistocänablagerungen erhalten. Im südlichen Sibirien kommen in diesem jüngeren Pleistocän als Reste der damaligen Riesensäugetiere nur Knochen vor; weiter nördlich, in der Zone des ewig gefrorenen Bodens, haben sich darin auch die Weichteile, Haut und Haare, geschützt durch die herrschende Kälte, erhalten, desgleichen im nördlichsten, das Aufeis führenden Gebiete. Hier wurde am Wilui-Flusse das Pallassche Exemplar des Rhinoceros tichorhinum entdeckt; am nördlichen Jenissei kam das von F. Schmidt ausgegrabene Mammutexemplar mit den Weichteilen, Haut und Haaren, an der Lena das Adamssche Mammut zu Tage (vgl. S. 445). Endlich wurden weiter östlich in der Gegend der Flüsse Indigirka und Alaseja, wo die Eiszwischenlagen vorkommen, von Maydell Mammutreste mit Haut und Haaren ausgegraben.

Unstreitig das merkwürdigste Vorkommen ist aber das der Neusibirischen Inseln, das durch die Forschungen von Bunge und E. von Toll bekannt geworden ist. An der großen Ljachow-Insel (zwischen 73 u. 74° nördl. Breite) liegen über einer zusammenhängenden, bis zu 20 m mächtigen Masse durchsichtigen, graugrünen Eises ähnliche lehmig-sandige Schichten wie in der sibirischen Ebene, mit Stämmen, Blättern und Zweigen von Betula nana und Weiden und mit zahlreichen Kadavern der eiszeitlichen Riesensäuger. Die Oberfläche des Eises ist unregelmäßig wellig gestaltet. Die Eismasse selbst wird von breiten Klüften durchzogen, die mit demselben Lehm erfüllt sind, der die Deckschicht bildet; auch in diesen Spalten haben Mammute ihr kaltes Grab gefunden. Hier bestand also in der ersten Periode des Pleistocäns eine Vergletscherung, deren südliche Ausdehnung wenigstens nur unbedeutend war; denn man kennt diese Eismassen nur noch von der Insel Kotelnj, von der Halbinsel Bykow an der Lenamündung und von dem Neusibirien gegenüberliegenden Festlandsstreifen. Später blieb der Nachschub von Eis infolge der Abtrennung der Inseln nach Norden hin und vielleicht auch infolge klimatischer Veränderungen aus. Der Gletscher verlor seine Bewegung, und die starr gewordene, abgestorbene Eismasse wurde von oben abgewaschen und teilweise gelöst, dann aber von den Fluß- und See-Ablagerungen der jüngeren Pleistocänzeit überdeckt. Die Seen, die sich hier über Gletschereis ausbreiteten, hatten ein so erwärmtes Wasser, daß sich Mollusken und Insekten entwickeln und genug üppige Wiesen, Birken- und Weidengestrüpp entstehen konnten, um großen Mammut- und Rhinozerosherden Nahrung zu bieten. Ähnlich werden abgestorbene Gletscher, die in Alaska entdeckt worden sind, von Sand und lehmigem Schlamm bedeckt, auf dem sich im Sommer ein undurchdringliches Gestrüpp und selbst echte Waldvegetation entwickelt.

Digitized by Google

In dieser nördlichsten Zone Sibiriens, in der die Fröste heute —68° C. (Werchojansk 1885) erreichen, und auf den Neusibirischen Inseln lebten in der jüngeren Pleistocänzeit nicht nur große Mammut- und Nashornherden, sondern auch wilde Pferde, Edelhirsche, Wisents, Saiga-Antilopen und selbst der Tiger, der heute bis hinter den 55. Grad nördlicher Breite zurückgegangen ist. Selbst wenn man Sommerwanderungen mit berücksichtigt, konnte dies doch nur unter der Herrschaft eines Klimas möglich gewesen sein, das weitaus günstiger war als das heutige. Dieser Periode einer starken Verschiebung der nördlichen Waldgrenze und der davon abhängigen Fauna nach Norden war aber eine Zeit vorausgegangen, in der der Eisfuchs, der Ob-Lemming und der Moschusochs, also hochnordische Tiere, bis in das südliche Sibirien, dieser bis zum 57. Grade, jene bis zum 54. Grade nördlicher Breite, vorgedrungen waren. Diese ältere Periode des strengsten Klimas entspricht, so scheint es wenigstens, der Zeit der stärksten Gletscherausbreitung in Europa,



Karte der Verbreitung des Diluvialeises in Nordamerika. (Die Moränen nach Warren Upham.)

während die folgende Periode günstigeren Klimas, in der die Waldgrenze wieder nach Norden vorgeschoben wurde, mit der Interglazialzeit Europas, die ja auch diesem Weltteil ein besseres Klima gebracht hatte, zusammenfallen dürfte. Die Verschlechterung des Klimas mochte wiederum im Gefolge der letzten europäischen Vereisung eingetreten sein. Schließlich dürften sich allmählich die heutigen Verhältnisse herausgebildet haben.

Nun zu dem großartigen Glazialgebiete Nordamerikas. Was hier zuerst auffällt, ist die gewaltige Ausdehnung der vergletscherten Fläche (s. obenstehende Karte), die namentlich auf der atlantischen Seite des Kontinents, entsprechend der hier weit größeren Niederschlagsmenge, weit nach Süden, bis zum 39. Grade nördlicher Breite, also etwa bis in die Breite von Lissabon, reichte. Die Südgrenze der Maximalvergletscherung ist an der südöstlichen Küste von Massachusetts an den Inseln Nantucket, Marthas Vineyard, No Man's Island, Long Island zu erkennen. Im nördlichen Teile des Staates New Jersey geht die Südgrenze auf das Festland über, tritt nördlich von Easton in Pennsylvanien ein, wo sie einen großen Bogen nach Norden beschreibt, um in mehreren Bogen über Ohio und Indiana gegen Südwesten zu ziehen. Unweit nördlich vom Zusammenfluß des Ohio mit dem Mississippi wird der südlichste Punkt erreicht. Von da folgt die gegen Nordwesten schwenkende Grenzlinie ungefähr dem Missouri und biegt

Digitized by Google

dann nach Norden in das Ursprungsgebiet des Saskatschewan ein. Hier verbindet sich das große Inlandeis mit der lokalen Vergletscherung des nördlichen Kaskadengebirges.

Nördlich von der geschilderten Linie war das ganze amerikanische Festland vereist. Nur der alleräußerste Nordwesten Alaskas hatte keine Gletscher: hier treffen wir den gefrorenen Eisboden wie in Sibirien. Im südlichen Alaska dagegen haben sich auf den Neusibirischen Inseln tote Gletschermassen erhalten. Auch die Inseln des Polararchipels waren wie Grönland noch heute vereist, ebensowohl die Hudson-Bai und das Meer zwischen jenen Inseln, während dies für die Davis-Straße zwischen Grönland und Labrador ihrer Tiefe wegen (Maximum fast 2000 Faden) wenig wahrscheinlich ist.

Im ganzen hat das Studium der nordamerikanischen Vereisung überraschende Analogien zu den europäischen Verhältnissen ergeben. An zahllosen Stellen sieht man die Felsoberflächen geglättet und geschrammt, und die Richtung der Schrammungslinien ergibt für die atlantische Region ein fächerförmiges Ausstrahlen des Eises von einem Zentrum, das der großen kanadischen Wasserscheide zwischen Hudson-Bai und Lorenz-Strom nördlich von Montreal entspricht. Die Mächtigkeit des Eises muß enorm gewesen sein. An der Nordseite von Mount Washington, der höchsten Spitze der Weißen Berge (White Mountains) in New Hampshire, reichen die Glazialablagerungen bis zu einer Höhe von 1770 m und zu 1330 m auf Mount Mansfield, dem Hauptgipfel der Grünen Berge (Green Mountains) in Vermont, und natürlich war dessen Stand an dem 700 km weiter nördlich gelegenen Zentrum der Vereisung noch bedeutend höher.

Wie in Europa nehmen auch in Nordamerika die Glazialbildungen von Norden nach Süden an Mächtigkeit ab, und man unterscheidet auch da einen unteren und einen oberen Geschiebemergel, die durch geschichtete Sandlagen, Interglazialschichten, voneinander getrennt sind. Was aber in Europa in dieser Großartigkeit seinesgleichen nicht hat, das sind die großen End- und Rückzugsmoränen der nordamerikanischen Vereisung. Am deutlichsten und mächtigsten ist der südliche, als Endmoräne der zweiten Vergletscherung angesprochene Moränenzug ausgeprägt (s. die „Karte der Verbreitung des Diluvialeises in Nordamerika", S. 459): eine lange Reihe unregelmäßiger Hügel, deren oberer Teil aus geschichtetem Sand und Geröllen, deren unterer aus Geschiebelehm besteht. Häufig laufen zwei solche Züge annähernd parallel, um sich dann wieder zu vereinigen. Abgestumpfte Kegel, gerundete Rücken, unregelmäßige Ketten sind wirr gruppiert, und dazwischen liegen eingesenkte Becken. Wo zwei solche Züge vorhanden sind, ist jeder etwa 15—18 km breit, und beide sind durch eine 35—40 km breite Niederung voneinander getrennt; im allgemeinen erinnert die Schilderung dieser Gebilde an den äußeren Kranz der unverwaschenen Moränenzone am Rande der Alpen. Der Verlauf der großen Endmoräne zeigt, daß die gewaltige Inlandeisfläche an ihrem Südrande in weit vorgestreckte Zungen auslief, zwischen denen tiefe eisfreie Buchten lagen. Außer dieser großen Endmoräne werden in Amerika noch mehrere Rückzugsmoränen unterschieden, die in Europa der baltischen Rückzugsmoräne, den Rückzugsmoränen Skandinaviens und Finnlands entsprechen.

Eine fernere Eigentümlichkeit Nordamerikas ist eine driftfreie, also unvergletschert gewesene Fläche des Staates Wisconsin mitten im ehemals vereisten Gebiete. Diese Partie, etwa so groß wie die preußischen Rheinlande, zeichnet sich auch heute durch große Trockenheit aus. Entweder war dies der Grund dieser Erscheinung oder die Bewegungsrichtung der Eisströmung in den benachbarten Gegenden. Mit den Åsars des nordeuropäischen Pleistocäns sind in Nordamerika die Drumlins zu vergleichen, langgezogene oder elliptische Hügel von 7—60 m Höhe und 100—1600 m Länge, deren Längsachse den Schrammen des Untergrundes, also der Bewegungsrichtung des Eises parallel läuft. Über die Entstehung dieser merkwürdigen Drumlins ist man noch nicht zu befriedigenden Vorstellungen gelangt.

Digitized by Google

Ein jüngeres Glied der nordamerikanischen Diluvialablagerungen bilden mächtige geschichtete Sande, Gerölle, Thone ꝛc., deren Entstehung bald der umlagernden Thätigkeit der Wasser zugeschrieben wird, die dem abschmelzenden Eis entströmten, bald mit einer regenreichen Periode in Verbindung gebracht werden, die nach der Eiszeit eingetreten sein soll. Auch lößartige Ablagerungen und echter Löß sind in Nordamerika in weiter Verbreitung und unter denselben geologischen Verhältnissen wie in Europa nachgewiesen worden. Zahlreiche Flußterrassen zeugen deutlich von den großen Veränderungen, die damals in dem Laufe der Wasser vor sich gingen. Gleichzeitig fand ein ziemlich starkes Übergreifen des Meeres statt, ähnlich wie in Skandinavien und Schottland. Auch die Fauna, die in den Ablagerungen dieses Meeres auftritt, hat viele Beziehungen zu der der Yoldienthone Europas. Interessant dabei ist, daß diese Meeresbildungen der jüngeren Pleistocänzeit, der Champlainperiode, um so mehr ansteigen, je mehr man sich nach Norden wendet. Im südlichen Teile von Neuengland reichen sie bis zu 3—8 m über dem jetzigen Meeresspiegel, auf der Insel Nantucket, südlich von Boston, zu 27 m, bei Point Stirley nächst Boston zu 30 m; an der Küste von Maine steigen sie zu 65 m, am Champlain-See über 100 m, und an den Ufern des Lorenz-Stromes bei Montreal finden sie sich in etwa 140 m und reichen von hier bis in das Becken des Ontariosees. Noch etwas höher liegen sie an der Küste von Labrador, und im höchsten Norden, an der Barrow-Straße, auf der Cornwallis- und Beechey-Insel, stehen sie noch bei mehr als 300 m Höhe an. Die amerikanischen Geologen schließen hieraus auf eine postglaziale Hebung des vordem vereisten Gebietes und führen auch die eigentümliche Höhenlage der Terrassen an den postglazialen großen Landseen, wie am Agassiz-See und anderen, auf dieselbe Ursache zurück (vgl. Band I, S. 411).

Gerade diese Seite des Glazialphänomens wird jetzt in Nordamerika so lebhaft erörtert, daß eine andere wichtige Frage, die nach der Wiederholung der Vergletscherungen, zurücktritt. Im allgemeinen neigt man in Nordamerika mehr zur Annahme der Einheitlichkeit der Eiszeit als in Europa. Zur Erklärung der Interglazialbildungen denkt man vornehmlich an Verhältnisse, wie sie die Gletscher Alaskas und die Neusibirischen Inseln darbieten, wo ja geschichtete Ablagerungen auf Gletschereis ausgebreitet und von Baumvegetation überzogen sind. In Europa sind aber diese Verhältnisse so genau studiert, daß man bei der durchgreifenden Übereinstimmung zwischen den amerikanischen und den europäischen Glazialbildungen keinen Grund hat, von der in Europa erkannten Wiederholung der Vergletscherung abzugehen. Ja, Amerika bietet in unvereisten Gegenden neue Stützen für diese Anschauung.

Im Großen Becken, dem Gebiet ohne Abfluß nach dem Meere östlich von der Sierra Nevada, breiteten sich in der Pleistocänzeit umfangreiche Seen aus, deren größte die Namen Bonneville-See und Lahontan-See erhalten haben. Jener liegt am Ostrande des Beckens am Fuße des Wahsatchgebirges und bedeckte ein Areal, das etwa zwei Drittel des Königreichs Bayern betragen mochte; heute ist er bedeutend eingeschrumpft: der Überrest des ehemaligen Bonneville ist der berühmte große Salzsee der Mormonen in Utah, dessen Oberfläche noch 15,000 qkm beträgt. Lahontan liegt dem Bonneville gerade gegenüber an der Westseite des Beckens, ist zwar kleiner, aber immerhin noch bedeutend. Außerdem sind noch 19 geringere diluviale Seen erkannt worden, die heute entweder ausgetrocknet oder stark eingeschrumpft sind. Über die beiden großen Wasserbecken liegen nähere Berichte von Gilbert, King und Russell vor. Die Anzeichen, daß der Bonneville wirklich ein See war, liegen in den vorhandenen Ablagerungen und in der ausgezeichneten Terrassenbildung; die höchste unter diesen, die Bonneville-Terrasse, liegt etwa 330 m über dem heutigen Spiegel des großen Salzsees: so weit muß also damals das Wasser gereicht haben. Außerdem ist noch eine zweite, die Provo-Terrasse, 130 m unter der ersten, durch ihre scharfe Ausbildung ausgezeichnet; zwischen beiden liegen noch vier oder fünf andere, während sie

Digitized by Google

unterhalb der Provo-Linie ziemlich undeutlich werden. Die Ablagerungen des Sees sind von zweierlei Art; zu unterst liegt ein gelber Thon, und dieser wird von einem weniger mächtigen weißen Mergel bedeckt. In vordiluvialer, pliocäner Zeit war hier kein See vorhanden, der den heutigen Salzsee wesentlich übertroffen hätte. Die stärkere Wasserbedeckung begann in der diluvialen Zeit. In dem ersten Abschnitt wurde der gelbe Thon, in dem zweiten der weiße Mergel abgelagert. Zwischen beide schieben sich vielfach Flußschotter ein, und an solchen Stellen ist die Oberfläche des gelben Thones denudiert. Man kann daraus nur den einen Schluß ziehen, daß zwischen der Bildung des gelben und des weißen Sediments der größte Teil des Bonneville-Sees eintrocknete. Rinnendes Wasser konnte das unterliegende Sediment angreifen und Flußschotter absetzen; dann nahm die Wassermenge wieder zu, und es bildete sich der weiße Mergel.

Von Wichtigkeit ist es, zu bemerken, daß ganz entsprechende Beobachtungen auch am Lahontan und den kleineren Seen gemacht worden sind: auch diese trockneten während der Diluvialzeit ein und füllten sich wieder. Die erste Schwellung des Sees reichte nicht ganz so hoch wie die zweite, und zu jener Zeit war kein Abfluß vorhanden. Die zweite Anschwellung, die 330 m über das heutige Niveau des Salzsees reicht, verschaffte sich einen Abfluß nach Norden, und diese ablaufenden Wasser tieften den Kanal so aus, daß die Oberfläche des Sees sank. Dieser Zeit gehören die Terrassen an. Die Bonneville-Terrasse entspricht dem höchsten Stande des Sees, die anderen bis hinunter zu der 130 m tiefer liegenden Provo-Terrasse einzelnen Stillständen in der Austiefung des Abflusses; die Provo-Terrasse wurde dadurch gebildet, daß eine widerstandsfähige Kalkbank in dem Flußbette auftrat, die das Einschneiden stark verzögerte. Dann trat wieder trockeneres Klima ein, und die weitere Zusammenschrumpfung des Sees, der von nun ab wieder keinen Abfluß besaß, geschah nur durch Verdunstung.

Es liegt nahe, die zweimalige Füllung und Wiederaustrocknung dieser Seen denselben Ursachen zuzuschreiben wie das zweimalige Vorrücken und Wiederabschmelzen der Gletscher. Etwas erniedrigte Temperatur und etwas erhöhte Niederschlagsmengen konnte die Füllung der Seebecken wie die Vereisung veranlassen. Wir sehen daher hier, wie sich die Eiszeit in dem Wüstendistrikt des Großen Beckens geltend machte, erfahren aber auch, daß die Zeit der zweiten Vereisung lang genug war, um dem Abfluß des Sees die Einschneidung eines 130 m tiefen Thales zu ermöglichen. Es läßt das um so mehr auf eine ungemein lange Dauer schließen, als der Abfluß eines Sees kein Gerölle und keinen Sand führt und daher nur langsam zu erodieren vermag. Außer dem großen Landeis hat Nordamerika im Felsengebirge, namentlich aber im Kaskadengebirge und der Sierra Nevada, eine lokale Vergletscherung aufzuweisen.

Weiter südlich war das Hochplateau von Anahuac vergletschert; und in Südamerika sind selbst in einer dem Äquator sehr genäherten Gegend *Gletscherspuren* entdeckt worden. Die *Sierra de Santa Marta*, ein unter 11° nördlicher Breite im nördlichen Kolumbien gelegenes, isoliertes Gebirge, das auch jetzt mit seinem 5500 m hohen Hauptgipfel bis in die Schneeregion reicht, zeigt deutlich frühere Vereisung. Sievers schildert von dort Moränen und mit der Vereisung zusammenhängende Hochgebirgsseen, und auch in den Anden von Merida, südlich vom See von Maracaibo in Venezuela, zwischen dem 7. und 10. Grad nördlicher Breite, sind nach demselben Beobachter („Amerika", S. 141 f.) Spuren von ehemaliger Vereisung vorhanden. Außerhalb der heißen Zone war Südamerika in Chile, Patagonien und dem Feuerlande mit riesigen Eismassen bedeckt, die sich von Ozean zu Ozean erstreckten.

Wir wenden uns der näheren Betrachtung der *amerikanischen Diluvialsäugetiere* zu, vor allem der Nordamerikas. Das *Mammut*, das verbreitetste unter den Riesentieren unserer Quartärbildungen, tritt auch in Amerikas nördlichen Gegenden auf, besonders häufig in der Nähe der Bering-Straße. In den südlicheren Regionen kommt ein anderer, dem Mammut

Digitized by Google

nahe verwandter Elefant (Elephas americanus) vor. Außerdem kennen wir von Europa her den Moschusochsen; der fossile Bison Amerikas steht dem unseren sehr nahe, der graue Bär ist beiden Erdteilen gemeinsam, ein großer Löwe findet sich auch hier, und noch sonst sind manche Übereinstimmungen zu nennen. Dagegen ist noch keine Spur von Rhinozeros oder Flußpferd, von Höhlenbären oder Hyäne gefunden worden.

Dieselbe Rolle wie bei uns das Mammut spielt in Nordamerika das gewaltige „Ohiotier" (Mastodon americanus, giganteus oder ohioticus), das mit den größten diluvialen Elefanten unserer Gegenden an Körperentwickelung wetteifert. Diese ausgezeichnet jochzähnige Form scheint den nördlichsten Bezirken zu fehlen, findet sich in Kanada und Neuschottland, am häufigsten im nördlichen Teil der Vereinigten Staaten, kommt aber auch weiter südlich bis nach Texas vor. An mehreren Punkten hat man vollständige Skelette entdeckt, namentlich in Sümpfen, worin manche dieser Kolosse versunken und ums Leben gekommen zu sein scheinen; ja, bei einem hat man zwischen den Rippen noch Reste des Mageninhalts gefunden: Zweige und Nadeln eines jetzt noch dort vorkommenden Lebensbaumes (Thuja occidentalis). Das Vorkommen von Mastodon im amerikanischen Diluvium ist bemerkenswert, da bei uns die Gattung schon vor dem Ende der Pliocänzeit erlischt; sie hat sich also in der Neuen Welt viel länger erhalten. Eine andere merkwürdige Erscheinung ist das verbreitete Vorkommen von teilweise sehr großen Pferdearten. Sie sind von unserem Pferde der Art nach verschieden, und da die Stammtypen der Gattung sowohl in Amerika als auch bei uns vorkommen, so dürften sich diese Formen hier selbständig entwickelt haben. Was ihr Auftreten in Nord- und in Südamerika besonders auffallen läßt, sind ihre späteren Schicksale. Die amerikanischen Pferde starben aus, und als die Europäer die Neue Welt betraten, gab es dort keine Vertreter der Gattung. Aber die gezähmten Exemplare, die eingeführt wurden, gediehen ausgezeichnet, verwilderten und bevölkern nun in großen Herden viele Steppengebiete im Norden und Süden. Die Lebensverhältnisse sind also jetzt wie in einer früheren Zeit auffallend günstig. Inzwischen muß aber eine Periode eingetreten sein, wo es anders war und das ganze Geschlecht ausstarb. Wohl hat man aus Berichten, die die Pampasgegend kurze Zeit nach dem ersten Erscheinen der Spanier darstellen, das ursprüngliche Vorhandensein einheimischer Wildpferde zu folgern gesucht; doch sind die Belege für diese Annahme ungenügend. Von anderen ausgestorbenen Formen sind etwa noch Bären zu nennen, ein großer Hirsch, der hinter dem irischen Riesenhirsch an Größe kaum zurückbleibt, und andere mehr.

Eine dritte Gruppe von Formen umfaßt solche Tiere, die der nordamerikanischen Fauna der Jetztzeit entsprechen, ohne in Europa nahe Verwandte zu besitzen. Hierher gehören: ein Pekari (Dicotyles), von Raubtieren der Waschbär, von Nagern das kanadische Baumstachelschwein (Erethizon; s. Abbild., S. 464) und Castoroides, ein dem amerikanischen Biber nahe stehendes, aber größeres Tier. Endlich sind hier noch zwei Arten Tapire anzureihen, da ihre Vorfahren in Nordamerika lebten, während jetzt die Gattung der nearktischen Region fehlt.

Das vierte Element endlich, das wir in der nordamerikanischen Diluvialfauna unterscheiden können, ist das südamerikanische. Wir finden ein Wasserschwein oder Capybara, ein großes Nagetier, wie es heute an den Flüssen von Paraguay und der Argentinischen Republik lebt. Am wichtigsten aber ist das Auftreten riesiger, mit den Faultieren verwandter Edentaten aus den Gattungen Megatherium, Mylodon und Megalonyx, die sich ähnlich, nur viel reicher, auch in den diluvialen Ablagerungen der Argentinischen Republik, Patagoniens und benachbarter Länder finden. Die großen Edentaten treten in Nordamerika nur im südlichen Teile auf und geben sich auch dadurch als Ankömmlinge aus wärmeren Gegenden zu erkennen. Sie fehlen in Kanada und sind auch im nördlichsten Teile der Vereinigten Staaten noch sehr selten. So können wir, abgesehen von einigen nicht sicher deutbaren Vorkommnissen, drei Haupttypen von Säugetieren im

Digitized by Google

nordamerikaniſchen Diluvium unterſcheiden, deren jeder eine andere Herkunft hat: eine eingeborene nordamerikaniſche Bevölkerung, Einwanderer aus dem europäiſch-nordaſiatiſchen Feſtlande, endlich ſolche aus Südamerika. Wir können daraus ſchließen, daß damals die Bering-Straße zwiſchen Alaska und dem nordöſtlichen Sibirien noch geſchloſſen war, während ſchon eine Verbindung mit Südamerika exiſtierte. Wir haben uns in einem früheren Abſchnitt (S. 415) überzeugt, daß die beiden amerikaniſchen Kontinente während des größten Teiles der Tertiärzeit durch Meer voneinander geſchieden waren; nur vorübergehend war eine Verbindung während der Miocänzeit vorhanden. Dann wurde dieſe Verbindung der Feſtländer unterbrochen, und erſt zu Ende des Tertiärs oder zu Anfang der Diluvialzeit wurde ſie wiederhergeſtellt.

Baumſtachelſchwein (Erethizon dorsatum). 1/6 natürl. Größe. Vgl. Text, S. 463.

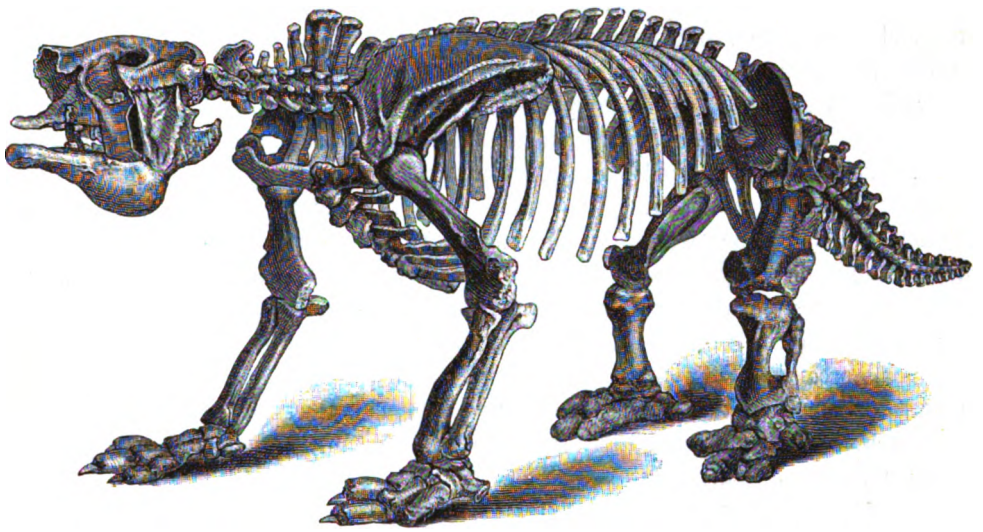
Eigentümlich iſt der Anblick, den die ſüdamerikaniſche Diluvialfauna gewährt, die teils im Pampaslöß (vgl. S. 371 und 413), teils in Knochenhöhlen erhalten iſt. Zwar hat eine Anzahl von Einwanderern aus dem Norden Beziehungen zu Nordamerika; weitaus den wichtigſten Beſtandteil der Fauna aber bilden die erbgeſeſſenen alten Geſchlechter, unter denen Edentaten, gewiſſe Gruppen von Nagern und von den Vögeln der amerikaniſche Strauß (Rhea) die Hauptrolle ſpielen, lauter Typen, die auch heute die ſüdamerikaniſche Fauna charakteriſieren.

Als entſchiedene Einwanderer vom Norden her ſind in erſter Linie einige elefantenähnliche Tiere, Maſtodonten (Mastodon Andium und Humboldti), zu nennen, die weit verbreitet ſind, aber hier keine herrſchende Stellung einnehmen; ferner Hirſche und Pferde ſowie das den Pferden verwandte Hippidium. Auch die Mehrzahl der Raubtiere dürfte hierher zu rechnen ſein. Unter ihnen übertrifft ein meſſerzähniger Tiger (Machairodus neogaeus; ſ. Abbildung, S. 330) alle Angehörigen ſeiner Gattung durch die ungeheure Entwickelung ſeiner weit aus dem Rachen hervorragenden Eckzähne; daneben gibt es eine pantherähnliche Katze (Felis protopanther) und einige andere verwandte Arten, Bären und Hunde. Endlich müſſen zu den Einwanderern von Norden her, ſo ſeltſam es klingen mag, auch der Tapir und das Lama gerechnet werden, obwohl ſie jetzt (abgeſehen von dem Tapir der malayiſchen Region) nur in Südamerika leben.

Digitized by Google

Während in Südamerika keine Spur eines tertiären Tapirs oder Lamas oder auch nur irgend einer anderen verwandten Gattung gefunden worden ist, sind in Nordamerika die Vorfahren im Tertiär mehrfach vertreten. Wahrscheinlich muß auch das Pekari oder Nabelschwein (Dicotyles), das jetzt in Südamerika und in Nordamerika bis nach Texas lebt, hierher gerechnet werden, da der Schweinestamm dem Süden sonst ganz fremd ist.

Unter den eingeborenen, seit langer Zeit ansässigen Südamerikanern nehmen weitaus die erste Stelle die Edentaten ein, die heute in derselben Gegend noch durch Faultiere, Gürteltiere und Ameisenbären vertreten sind, aber in der Diluvialzeit ungemein mehr entwickelt waren (vgl. S. 360). Die Megatherien, riesige, den Faultieren verwandte Geschöpfe, unterscheiden sich von diesen, abgesehen von ihrer Größe, durch das Vorhandensein eines geschlossenen Joch-



Megatherium, aus den Pampasthonen. (Nach Photographie.)

bogens am Schädel und durch andere minder wichtige Charaktere. Ein eigentümlicher absteigender Fortsatz des Jochbogens kommt ihnen wie den Faultieren und den Glyptodonten zu.

Megatherium war ein Tier, das an Größe hinter einem Elefanten nur wenig zurückblieb (s. obenstehende Abbild.). Sein Rumpf ist von mächtiger Stärke, die Beine sind außerordentlich kräftig und namentlich die Hinterextremitäten von einer Massenhaftigkeit des Knochenbaues, wie sie bei keinem Säugetiere außerhalb des Kreises der Edentaten mehr vorkommt. Die vorderen Extremitäten sind etwas leichter gebaut, aber immerhin noch von riesiger Stärke; die Zehen waren mit überaus starken und kräftigen Krallen bewehrt. Im übrigen Skelettbau fällt die Stärke des Schultergürtels, ferner die ganz ungeheuer massige Entwickelung des Beckens und des Schwanzes auf. Im Gegensatz dazu ist der Kopf verhältnismäßig klein, und an ihm sind wieder nur die Teile stärker entwickelt, die dem Geschäfte des Kauens gewidmet sind: der Unterkiefer, die Jochbogen und die anderen zum Ansatz der Kaumuskeln dienenden Teile, während die Schädelkapsel und mithin das Gehirn auffallend geringe Größe aufweisen. Die Bezahnung bestand aus fünf Backenzähnen im Oberkiefer, vier im Unterkiefer, die dicht aneinander gedrängt standen; die einzelnen wurzellosen Zähne stellen Dentinsäulen von quadratischem Durchschnitt dar, die bei der Abkauung oben zwei Querjoche bilden. Von vorn nach hinten wird an diesem Ungeheuer alles schwerer und plumper; der kleine Kopf und Hals, die zwar langen, aber nicht

Digitized by Google

übertrieben starken Vorderfüße stehen im Gegensatz zu der Massenhaftigkeit von Schwanz, Becken und Hinterbeinen. Unwillkürlich erinnern diese Verhältnisse an die der riesigen pflanzenfressenden Dinosaurier, die auf den Hinterbeinen einherschritten (s. die Abb. von Iguanodon, S. 234). In der That, wenn sich auch Megatherium wohl nicht regelmäßig auf den Hinterbeinen fortbewegte, so dürfen wir doch annehmen, daß es sich oft aufrichtete und dabei auf den kolossalen Schwanz als auf einen dritten Pfeiler stützte. Dies geschah offenbar, um große Bäume abzuweiden, während, nach der Stärke der Krallen zu urteilen, kleinere ausgegraben und entwurzelt wurden. Im allgemeinen muß Megatherium ein äußerst stumpfsinniges und dummes Tier gewesen sein. Und wenn wir uns den überaus plumpen Körper mit den langen Armen, vielleicht mit einem glanzlosen, langhaarigen, groben Pelz bedeckt wie beim Faultier, dazu den kleinen Kopf mit blöden, kleinen Augen vorstellen, so können wir wohl sagen, daß wir es mit einem der häßlichsten Tiere zu thun haben. Wie bei vielen niedrig stehenden Geschöpfen, muß auch hier die Lebenszähigkeit außerordentlich gewesen sein. Man hat zwar nicht von Megatherium selbst, aber von einer nahe verwandten Gattung einen fossilen Schädel gefunden, dessen Dach durch irgend einen Unfall, vermutlich durch den Sturz eines Baumes oder durch den Tatzenschlag eines Kollegen, ganz zertrümmert, aber wieder zusammengeheilt war, und man muß wirklich staunen, daß ein warmblütiges Tier eine solche Verletzung überleben konnte.

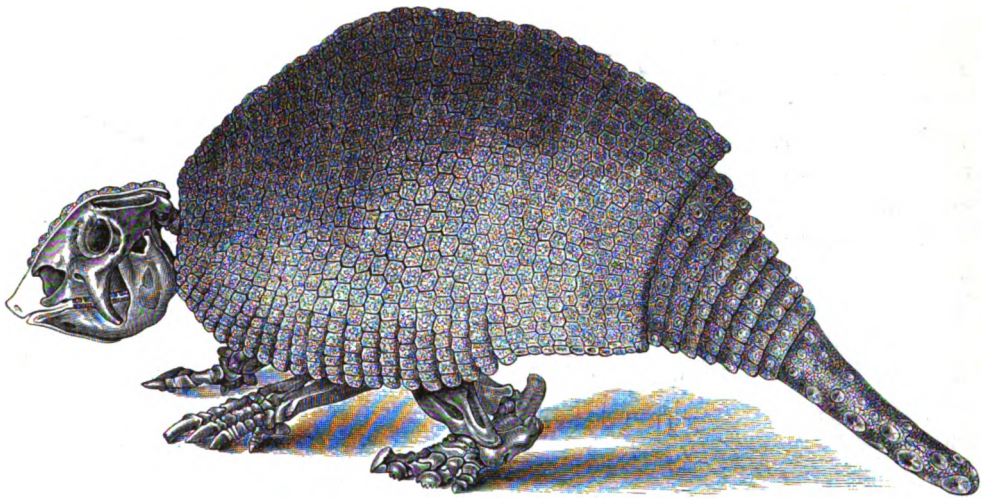
Neben Megatherium ist Mylodon zu nennen, etwas kleiner, aber noch plumper gebaut als jenes, mit Zähnen von dreieckigem Querschnitt, die durch Zwischenräume voneinander getrennt sind. Eine dritte Gattung, Megalonyx, war durch elliptische Zähne und die ganz exzessive Entwickelung der Krallen an den Zehen ausgezeichnet. Diese drei in Südamerika am meisten entwickelten Gattungen finden sich auch, wie schon erwähnt, als Einwanderer in der südlichen Hälfte von Nordamerika. Es gibt aber auch eine Reihe rein südamerikanischer Typen unter den Megalotheriden: Scelidotherium, wohl das plumpste Landsäugetier, das je existiert hat, bei dem z. B. die Breite des Oberschenkels dessen Höhe erheblich übertrifft, ferner Coelodon, Sphenodon und einige andere große Säugetiere.

Die allbekannten Gürteltiere bilden in der Jetztzeit einen charakteristischen Zug der südamerikanischen Fauna. Die eigentümliche Panzerung des Körpers mit Knochentafeln, die zu Querbinden angeordnet sind und durch ihre Beweglichkeit dem Tiere gestatten, sich zusammenzurollen, bildet den wichtigsten Charakter. Die Füße sind mit kräftigen Scharrkrallen versehen, die Zähne oft in so großer Zahl vorhanden, daß z. B. bei dem lebenden Riesengürteltier an 100 cylindrische Dentinstümpfe in den Kiefern stecken. Auch fossil kommen diese Tiere vor, namentlich in den Knochenhöhlen Brasiliens. Weit wichtiger und häufiger aber sind die Glyptodonten, die sich von den Gürteltieren dadurch unterscheiden, daß bei ihnen die Knochentafeln nicht so deutlich zu Querbinden angeordnet sind und einen unbeweglichen, starren, Bauch und Rücken bedeckenden Panzer bilden, der dem einer Schildkröte in der äußeren Gestalt vollständig gleicht. Außerdem haben die Glyptodonten einen nach unten gerichteten Knochenfortsatz am Jochbogen wie die Faultiere und Megatherien, und die Füße sind statt der Krallen mit Hufen versehen. Diese überaus seltsamen Schildkröten unter den Säugetieren übertreffen die ansehnlichsten unter den lebenden Gürteltieren an Größe. Die durchschnittliche Länge von Glyptodon, der häufigsten Sippe, betrug etwa 3 m, und einige andere Gattungen, wie Panochtus und Chlamydotherium, hatten ähnliche Dimensionen. Andere sind kleiner, während der fremdartig gestaltete Doedicurus, bei dem das Ende des Schwanzes kolbenförmig verdickt ist wie der Stößel eines Mörsers, noch bedeutendere Größe erreicht (s. Abbildung, S. 467). Zu den spezifisch südamerikanischen Formen gehören ferner die merkwürdigen Toxodonten und Typotherien und die Macrauchenien. Jene wurden bereits (S. 357) besprochen, diese sind altertümliche Formen, die sich im Gebiß und in

Digitized by Google

den allgemeinen Skelettmerkmalen den Unpaarhufern, im Bau der Fuß- und Handwurzel den primitiven Condylarthra anschließen. Unter den Nagetieren sind als eingeborene Typen zu nennen die Wasserschweine (Hydrochoerus), Meerschweinchen (Cavia) und andere. Endlich wäre noch der amerikanische Strauß oder Nandu (Rhea) zu erwähnen.

Man kann sich kaum eine merkwürdigere Gesellschaft von Säugetieren denken als dieses Gemenge uralt einheimischer, eine Welt für sich bildender Formen mit den Zuzügen einer Einwanderung von Lamas, Pferden, Mastodonten, Tapiren ꝛc. Allerdings sind über sein geologisches Alter nicht alle Stimmen einig. Man hat wegen der großen Anzahl ausgestorbener Gattungen alle die Ablagerungen mit Megatherien, Glyptodonten, Toxodonten ꝛc. geradezu als jungtertiär und dem Pliocän angehörig bezeichnet, und dieselbe Anschauung ist auch für die Ablagerungen ausgesprochen worden, die in Nordamerika die Megatherien und ihre Verwandten sowie Mastodon americanus enthalten. Diese Auffassung ist aber ungerechtfertigt.



Panochtus, ein Glyptodonte aus den Pampasthonen. (Nach Burmeister.) Vgl. Text, S. 466.

Ganz abgesehen davon, daß ja im europäischen und nordasiatischen Diluvium die Elefanten, Nashörner, Flußpferde, Hyänen, Löwen ꝛc. auch geradezu die Rolle von ausgestorbenen Gattungen spielen, muß die Thatsache berücksichtigt werden, daß den Pampasthonen marine Lagen mit jetzt lebenden Muscheln und Schnecken eingeschaltet sind, und daß auch in Nordamerika mit Mastodon und den großen Edentaten zusammen ganz moderne Konchylienformen auftreten. Wichtig ist auch das geologische Vorkommen in Nordamerika, wo Mastodon, dort der stete Begleiter der Megatheriden, in Ablagerungen auftritt, die jünger sind als die glazialen Geschiebelehme, die also der oberen Abteilung des Diluviums, der Champlainperiode, angehören. Ebenso ist das Zusammensein von Megatheriden und hochnordischen Formen von Bedeutung. Unter diesen Umständen dürfen wir behaupten, daß die geschilderten Faunen wenigstens der Hauptmasse nach diluvial sind; allerdings ist dabei die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß etwa die ältesten Teile noch ins oberste Pliocän zurückgreifen. Schon in unserem vielfach durchforschten Europa ist es nicht überall möglich, das oberste Pliocän vom Diluvium zu trennen; um so weniger dürfen wir ein derartiges Verhältnis in Amerika als ausgeschlossen betrachten.

Zum Schluß mag noch des Vorkommens diluvialer Menschenreste und Kunstprodukte in Amerika kurz gedacht werden. Bei Natchez am Mississippi in der Nähe von Vicksburg wurde ein Stück eines menschlichen Beckens zusammen mit Mastodon und Megalonyx entdeckt;

Digitized by Google

doch ist nicht sicher festgestellt, daß die Fossile aus derselben Schicht stammen. Dagegen ist kaum ein Zweifel vorhanden, daß in den goldführenden Geröllablagerungen Kaliforniens zusammen mit Mastodon und Elefanten Steinwerkzeuge mehrfach gefunden worden sind, während über die Echtheit eines Menschenschädels, der in einer Tiefe von mehr als 40 m unter der Oberfläche in der Grafschaft Calaveras angetroffen worden sein soll, schwere Bedenken vorliegen. In Südamerika werden Spuren des Menschen von Burmeister aus der oberen, von Ameghino auch aus der mittleren Abteilung der Pampasthone angeführt. Demnach hätte der Mensch hier gleichzeitig mit den riesigen Edentaten, mit Mastodonten, Toxodonten und Macrauchenien gelebt. Neuerdings glaubt man sogar, schon im jüngeren Tertiär auf sichere Spuren des Menschen gestoßen zu sein (vgl. S. 335). Außerdem hat man noch ein auffallendes Vorkommen aus dem Staate Nevada erwähnt, das sich zwar nicht als richtig erwiesen hat, aber der merkwürdigen Umstände wegen hier erwähnt werden mag. In der Nähe von Carson City, der Hauptstadt von Nevada, liegt das Gefängnis des Staates auf einer Anhöhe von diluvialem Sandstein, der zu den Ablagerungen des oben besprochenen, jetzt ausgetrockneten Lahontansees gehört. Die Sträflinge werden zur Gewinnung von Bausteinen verwendet, und in den Steinbrüchen wurden auf den Schichtflächen zahlreiche Fußspuren von Tieren beobachtet; offenbar war hier eine Uferregion, auf deren sandigem, noch nicht erhärtetem Sediment sich die Umwohner bewegten. Man konnte hier die Fährten von Mastodon, Pferd, Hirsch, Wolf und verschiedenen Vögeln nachweisen, und neben ihnen fanden sich höchst eigentümliche Eindrücke, die übergroßen Menschenfährten glichen. Es waren aber keine Abdrücke von Zehen daran zu erkennen, und man nahm daher an, daß sich die damaligen Ureinwohner sehr großer Sandalen bedient hätten, um in dem weichen Schlamme nicht zu tief einzusinken. Allein Marsh zeigte, daß diese Gebilde auch von einem großen Edentaten, einem Mylodon, herrühren könnten, vorausgesetzt, daß dessen Gangart derart war, daß sich der Hinterfuß genau auf dem von dem Vorderfuß verlassenen Platz niedersetzte. In der That fand diese Ansicht denn auch ihre Bestätigung, indem an einer Stelle, an der das Tier eine Wendung machte, sowohl die Fährten von Vorderfüßen als die von Hinterfüßen nachgewiesen werden konnten, und damit sind die Spuren von Carson City wohl endgültig aus der Reihe der Beweise für die Existenz des diluvialen Menschen gestrichen.

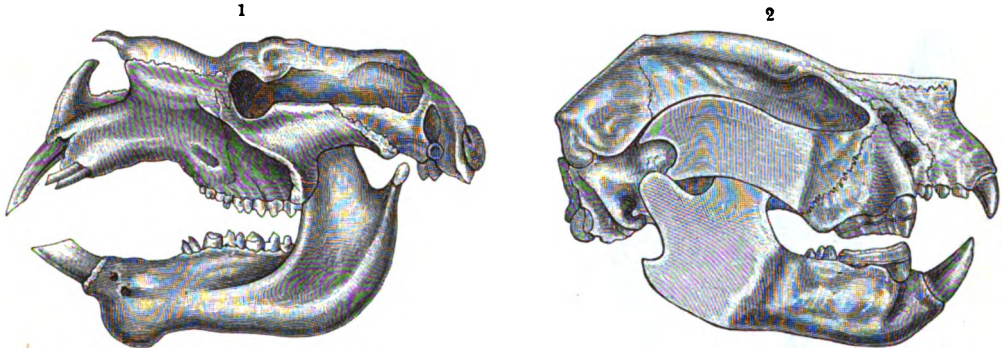
Ausgeprägter als in Südamerika finden wir in Australien eine durchaus eigenartige Diluvialfauna, die der jetzigen nahe verwandt ist und gleich dieser allen Tiergesellschaften fremder Länder fremd gegenübersteht. In der Jetztzeit enthält Australien nur Säugetiere der niedersten Organisation als einheimische Bewohner: Beuteltiere und die noch tiefer stehenden Monotremen (Schnabeltier, Ameisenigel). Von höheren Formen ist nur der Dingo oder Wildhund vorhanden, offenbar ein vom Menschen eingeführter, später verwilderter Haushund, ferner Mäuse und Ratten, die leicht in Schiffen verschleppt werden, endlich Fledermäuse, die infolge ihres Flugvermögens über weite Meeresstrecken gelangen können und daher ganz allgemein anderen Verbreitungsgesetzen folgen als die übrigen Säugetiere.

Im Diluvium fehlen natürlich die vom Menschen verschleppten Arten. Wir haben nur Beuteltiere und ganz vereinzelte Monotremen. Auch in Australien lebten in der Pleistocänzeit Riesentiere, Pflanzenfresser, unter denen Diprotodon am gewaltigsten war (s. Abb., S. 469, Fig. 1). Das Tier hatte ungefähr die Größe eines Rhinozeros; mächtig vorspringende, meißelartige Schneidezähne dienten wahrscheinlich zum Benagen und Fällen von Bäumen, Eckzähne fehlen, die jochförmigen Backenzähne sind durch eine weite Lücke von den Schneidezähnen getrennt. Nahe mit Diprotodon verwandt, aber etwas kleiner, war Nototherium, bei dem die Schneidezähne des Unterkiefers sehr klein sind. Von eigentümlichem Bau und großem Interesse ist eine dritte Gattung großer Beuteltiere, der Beutellöwe (Thylacoleo carnifex; s. Abbild., S. 469, Fig. 2),

Digitized by Google

der nach dem Bau seines Gebisses für ein äußerst räuberisches, fleischfressendes Tier gehalten wurde. An dem Schädel, dem einzigen Teil, den man kennt, sind vor allem das überaus kleine Gehirn und die mächtige Entwickelung der Jochbogen und aller für den Ansatz der Kaumuskeln bestimmten Knochenteile bezeichnend; im Gebiß fällt ein großer, gestreckter Backenzahn mit gestreifter, oben scharf schneidender Krone auf, der, mit dem Fleischzahn eines Raubtieres verglichen, die Namengebung (Thylacoleo, Beutellöwe) veranlaßt hat. Doch stimmt weder die Stellung, noch die Gestalt des Zahnes gut mit dieser Annahme. Wahrscheinlicher entspricht er den gestreiften Zähnen der lebenden Känguruhratten (Hypsiprymnus). Also haben wir es in Thylacoleo mit einem Pflanzenfresser zu thun, der harte Nahrung, wohl Zweige und Wurzeln holziger Gewächse, mit seinem furchtbaren Gebiß zerkleinerte.

Außer der großen Zahl der Beuteltiere enthalten die diluvialen Ablagerungen Australiens auch Reste großer, flügelloser Vögel, die teils dem jetzt dort lebenden Emu (Dromaeus) verwandt sind, teils den auf Neuseeland vorkommenden Dinornis nahestehen: Gattungen aus der großen



1) Schädel von Diprotodon; 2) Schädel von Thylacoleo carnifex, aus den Diluvialablagerungen Australiens. Vgl. Text, S. 468.

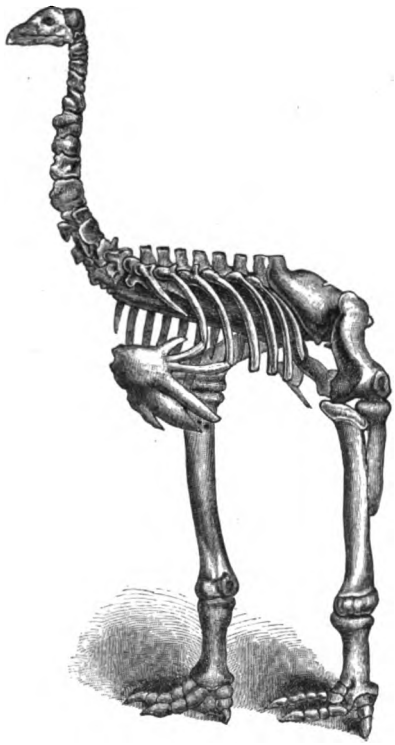
Abteilung der Ratiten, die durch die Verkümmerung der Flügel, den Mangel eines erhabenen Kammes auf dem Brustbein und einzelne andere Merkmale ausgezeichnet sind. Diese großen Vögel sind jetzt namentlich auf der südlichen Halbkugel und in den äquatorialen Gegenden verbreitet. Wir finden in Afrika den zweizehigen Strauß, in der papuanischen Region die Kasuare, in Australien den Emu, in Neuseeland den Kiwi und in Südamerika den dreizehigen Strauß oder Nandu (Rhea). Weit reicher war jedoch die Entwickelung in früherer Zeit; der afrikanische Strauß kam auch in Indien vor[1], und auf Madagaskar haben sich diluviale Reste des ungeheuren Aepiornis gefunden: Skelett-Teile, die Eindrücke des gewaltigen Fußes im Schlamm und die riesigen Eier, deren eins ungefähr den Rauminhalt von 150 Hühnereiern besitzt. Vor allem aber ist Neuseeland durch die außerordentliche Zahl großer Vögel aus den Gattungen Dinornis (s. Abbildung, S. 470) und Palapteryx ausgezeichnet, die hier an Stelle der Säugetiere die herrschende Gruppe des Tierreiches bildeten. Diese mächtigen Tiere, die Moas der neuseeländischen Maori, waren in einer großen Zahl von Arten vorhanden, deren Knochen man in solcher Menge findet, daß man zahlreiche vollständige Skelette zusammenstellen konnte. Die größten unter ihnen erreichten eine Höhe von fast 4 m; neben ihnen kamen auch kleinere Tiere vor, die teilweise durch außerordentlich massiven Knochenbau der Füße ausgezeichnet sind (z. B. Dinornis elephantopus). Auffallend ist die außergewöhnlich große Zahl von nicht weniger als elf Moa-Arten auf einem so kleinen Gebiet wie Neuseeland; eine derartige Anhäufung wider-

[1] Die Angaben über das Vorkommen eines fossilen Emu in Indien haben sich als unrichtig erwiesen.

Digitized by Google

spricht allen Erfahrungen in anderen Gegenden. Man nahm deshalb an, daß Neuseeland vor verhältnismäßig kurzer Zeit weit größeren Umfang besaß als heute, und daß die Menge der gefundenen Moa-Arten durch Untersinken des größeren Teiles der ehemaligen Landoberfläche auf die übriggebliebene Insel zusammengedrängt wurde und hier erlosch.

In keinem Gebiet scheint das Aussterben der großen Tiere aus der Diluvialzeit, die sich nach deren Ende in die Jetztzeit gerettet haben, so spät vor sich gegangen zu sein wie in Neuseeland. Man darf mit fast voller Gewißheit sagen, daß bei der Entdeckung des Landes durch die Europäer noch Moas existierten, und daß sie wahrscheinlich erst im vorigen Jahrhundert ausgerottet wurden. Ja, von manchen Seiten ist sogar die Hoffnung ausgesprochen worden, man werde diese Riesen der Vogelwelt in den wenig bekannten und unzugänglichen Gegenden der Südinsel noch lebend vorfinden. Diese Vermutung hat sich bisher noch nicht bestätigt, und die Bekanntschaft mit dem Inneren des Landes ist auch jetzt wohl zu genau, um die Annahme zu rechtfertigen, daß dort noch ein so großes Tier lebe, ohne den Europäern bekannt geworden zu sein. Jedenfalls aber ist die Zeit seit dem Verschwinden der Moas sehr kurz. Von dem Schiffe Cooks, der Neuseeland in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts besuchte, wurde am Strande ein riesenhafter Vogel gesehen; man hielt anfangs den Bericht darüber für eine Fabel, aber es ist jetzt im höchsten Grade wahrscheinlich, daß er vollständig der Wahrheit entspricht. In den Erzählungen der Maori von Neuseeland spielen die Moas eine große Rolle. Sie melden von den gefahrvollen Kämpfen mit dem gewaltigen Tier, bei denen mancher der Ihrigen das Leben verlor, sie zeigen noch die Stelle, wo der letzte Moa nach grimmigem Widerstand erschlagen wurde, sie wissen noch die Lieder zu singen, die bei der Moajagd gesungen wurden, und ein alter Häuptling, der etwas vor der Mitte unseres Jahrhunderts starb, berichtete, daß er in seiner Jugend noch Moafleisch gegessen habe. Wie v. Hochstetter klar auseinandersetzt, müssen die Moas zur Zeit, als Neuseeland von den Maori besiedelt wurde, in außerordentlicher Menge vorhanden gewesen sein, die an 200,000 Seelen zählende Bevölkerung hätte sonst nicht existieren können, da außer Fischen und einigen Farnkrautwurzeln die Insel keine Nahrung bot. Als die Moas gegen Ende des vorigen Jahrhunderts ausgerottet wurden, brach Nahrungsmangel aus, und ihm ist der furchtbar entwickelte Kannibalismus zuzuschreiben: aus Mangel an anderer Nahrung fraßen sich die Menschen gegenseitig auf, fortwährende Kriege wurden geführt, um das Fleisch der Feinde zu gewinnen, und die einheimische Bevölkerung hätte sich gewiß allmählich zum größten Teil selbst zerstört, hätte nicht die Einführung von Schweinen und Kartoffeln durch die Europäer diesem entsetzlichen Zustand ein Ende gemacht.



Dinornis, aus dem Diluvium von Neuseeland. Vgl. Text, S. 469.

Die Verbreitung der Ratiten oder straußähnlichen Vögel gehört zu den geographisch überaus wichtigen Thatsachen. Ihre Beschränkung auf die südlichen Festländer weist auf frühere, weit größere Kontinentalmassen in der südlichen Hemisphäre hin, wie wir sie schon aus anderen

Digitized by Google

Gründen gefolgert haben; hier sehen wir, daß die Kasuariden auf die australische Region beschränkt sind, während die Strauße lebend in Südamerika und Afrika und fossil in Indien auftreten, d. h. genau in denselben Ländern, wo unter den Säugetieren die Edentaten vorkommen. So werden wir auch hier wieder auf ein brasilisch-äthiopisches Festland mit einer nach Indien reichenden Halbinsel verwiesen, dessen Existenz wir aus der Verbreitung der mesozoischen Meeresablagerungen gefolgert haben.

Werfen wir einen Blick auf die Zusammensetzung der diluvialen Wirbeltierfauna, so treten uns zwei wichtige Erscheinungen entgegen: die über die ganze Erde wahrnehmbare *Verarmung* und die *Übereinstimmung* der großen Hauptzüge der *zoogeographischen* Verhältnisse mit der Jetztzeit. Die erste Thatsache, die schon mehrfach erwähnt wurde, finden wir überall bestätigt, wo nur immer eine diluviale Fauna bekannt geworden ist, ohne daß es möglich wäre, eine hinreichende Erklärung dafür zu geben. Man kann für eine Reihe von Fällen als die Ursache des Erlöschens die großen klimatischen Schwankungen während der Diluvialzeit betrachten, für andere können wir die vernichtende Thätigkeit des Menschen verantwortlich machen; aber keine dieser beiden Ansichten reicht für alle Fälle aus.

Das *Beharren* der wesentlichsten *zoogeographischen* Charaktere von damals bis heute ist eine sehr wichtige Thatsache. Bekanntlich hat sie Darwin wesentlich zu seiner Theorie über die Entstehung der Arten angeregt, ja wahrscheinlich den ersten Anstoß dazu gegeben, diesem großen Problem seine Aufmerksamkeit zu widmen. Als ein ganz junger Mann begleitete Darwin als Naturforscher die Weltumsegelung des Kriegsschiffes ‚Beagle'. Dabei hielt er sich längere Zeit in Südamerika auf, er unternahm Nachgrabungen in den Pampasthonen und fand hier die Reste von Tieren, die zwar ausgestorbenen Arten angehören, aber doch Familien, die noch heute ausschließlich Südamerika angehören. Diese Beobachtung führte den jugendlichen Forscher auf den Gedanken, daß nicht, wie man damals ziemlich allgemein annahm, jede einzelne Art selbständig geschaffen, sondern daß die genannten Gruppen seit alter Zeit in Südamerika einheimisch seien und sich deren einzelne Arten und Gattungen hier durch allmähliche Abänderung auseinander entwickelt haben. In der That läßt jede andere Annahme diese merkwürdigen Erscheinungen der Tiergeographie, die uns überall begegnen, durchaus unerklärt.

Ganz in derselben Weise wie in Südamerika finden wir die Übereinstimmung der diluvialen mit der lebenden Fauna in Australien mit seinen zahlreichen charakteristischen Beuteltieren, mit den Schnabeltieren und Emus, und dasselbe Verhältnis sehen wir bei den Vögeln Neuseelands. Bei den übrigen Regionen ist allerdings die Sache weniger klar. Für manche können wir überhaupt keine derartigen Vergleiche anstellen, weil wir die diluviale Fauna nicht oder ungenügend kennen, wie das für die äthiopische und indisch-malayische Region der Fall ist. In anderen haben in der That seit der Quartärzeit wichtige Verschiebungen stattgefunden; das gilt vor allem für die paläarktische Region (Europa, das nördlichste Afrika und Asien mit Ausschluß von Südarabien und Indien) und für die nearktische Region (Nordamerika).

Allerdings treten im Norden von Europa, Asien und Amerika die Formen auch schon diluvial auf, die noch heute dieselben Gebiete charakterisieren. Aber die Unterschiede der einzelnen großen Provinzen sind weniger scharf als in der Jetztzeit. So finden wir in Europa eine Reihe quartärer Typen, die jetzt die äthiopische oder die indische Fauna charakterisieren: Elefanten, Nashörner, Hippopotamus, Löwen und gefleckte Hyäne. Besonders aber fällt das Vorkommen von Arten auf, die heute nur in Nordamerika leben, wie der graue Bär, der Wapitihirsch, das grönländische Renntier und der Moschusochs. Wir sehen also, daß hier die Unterschiede zwischen den Faunengebieten damals noch nicht so ausgeprägt waren wie heute. Darin liegt eine entschiedene Abweichung gegenüber dem Zustand, wie wir ihn in Südamerika, Australien und Neuseeland

Digitized by Google

kennen gelernt haben. Die Ursache ist leicht einzusehen. Die letzten Länder sind und waren in einem Zustande teils vollständiger Abgeschlossenheit, teils ziemlich beschränkter Verbindung mit der Außenwelt, während die Kontinentalmassen der nördlichen Halbkugel damals in voller Kommunikation miteinander waren und daher eine Menge gemeinsamer Züge besaßen, die sich heute, nach der Trennung Asiens von Amerika, erheblich vermindert haben.

Ursachen der Kälteperiode.

Groß ist die Zahl der Versuche, die man gemacht hat, um die klimatischen Erscheinungen der Eiszeit und deren Ursachen zu erklären. Es lassen sich darunter zwei Gruppen unterscheiden, deren eine Veränderungen in den Verhältnissen der Erde, in der Verteilung von Wasser und Land, dem Verlauf der Meeresströmungen 2c. voraussetzt, während die andere kosmische, das Verhältnis der Erde zu anderen Weltkörpern betreffende Ursachen annimmt. Namentlich zu Anfang der Studien über die Vereisung, als deren außerordentlich weite Verbreitung noch nicht bekannt war, suchte man nach Gründen der ersten Art: als man nur von einer Vergletscherung der Alpen wußte, nahm Charpentier an, daß dieses Gebirge damals bedeutend höher gewesen sei, seine Gipfel viel weiter in die Schneeregion hinaufragten als heute. Doch konnte sich natürlich eine solche Ansicht nicht halten, als man dieselben Erscheinungen auch in England und Skandinavien beobachtete.

Von größerer Bedeutung sind die Anschauungen, daß eine Änderung in den Verhältnissen der Föhnstürme die Vereisung verursacht habe. Als Föhne bezeichnet man heiße, trockene Südstürme, die in den Nordalpen auftreten und mächtiger als irgend ein anderer Faktor das rasche Abschmelzen von Schnee und Eis bewirken. Ihren Ursprung verlegte man früher allgemein nach Nordafrika in die Sahara und glaubte, es seien die heißen Wüstenwinde, die über das Mittelmeer weg die Alpen erreichen. Man dachte nun, daß zur Diluvialzeit die Sahara, ganz von Wasser bedeckt, ein großes Binnenmeer dargestellt habe, von dem statt des Föhnes kühle, feuchte Winde kamen, die die Vereisung der Alpen, nach den Ansichten mancher auch die Nordeuropas, verursachten. Ja, in manchen, allerdings nicht streng wissenschaftlichen Kreisen war man von der Richtigkeit dieser Ansicht bis zu dem Grade überzeugt, daß man von der durch den französischen Kapitän Roudaire geplanten Verwandlung des kleinen Schottgebietes südlich von Tunis in einen Binnensee die nachteiligsten Folgen für das Klima Europas und ein mächtiges Anwachsen der alpinen Gletscher befürchtete. Natürlich ist eine solche Besorgnis einfach lächerlich, ebenso unhaltbar aber auch die Hypothese, auf deren Übertreibung sie beruht. Infolge der genaueren Erforschung der Sahara weiß man, daß sie in geologisch junger Zeit überhaupt nicht vom Meer überflutet war; aber wenn das auch gewesen wäre, so hätte dies das Klima Europas nur wenig beeinflußt und vor allem an dem Föhn nichts geändert. Der Föhn kommt nicht aus der Sahara, sondern aus weiter westlich gelegenen Gegenden und erreicht den Südrand der Alpen als ein feuchter Wind; hier verliert er durch Abkühlung an den Bergen seine Feuchtigkeit, die als Regen niederfällt. Nun überschreitet er den Hauptkamm des Gebirges als ein trockener, kalter Wind und stürzt auf der Nordseite in die Tiefe; bei diesem Sturz in die Tiefe aber wird die Luft zusammengedrückt und dadurch Wärme erzeugt, und der Föhn verdankt also seine hohe Temperatur nicht dem Klima der Gegenden, aus denen er kommt, sondern diese wird lediglich durch Druck mechanisch hervorgebracht.

Eine andere Vermutung beschäftigt sich mit dem Golfstrom, jener großen Warmwasserströmung im Atlantischen Ozean, die im Golf von Mexiko ihren Anfang nimmt, der Küste der

Digitized by Google

Vereinigten Staaten folgt und sich dann nach Osten wendet; ein Zweig dieses Stromes erreicht Europa und bespült dessen westliche Ufer, ja er setzt sich weit nach Norden bis Island, Spitzbergen und Nowaja Semlja fort. Es ist bekannt, daß Europa und namentlich seine westlichen Teile ihr verhältnismäßig mildes und gleichmäßiges Klima der Erwärmung durch diese aus den tropischen Gegenden kommenden Gewässer verdanken, und man nahm nun an, daß während der Eiszeit die Verbindung zwischen Nord- und Südamerika unterbrochen war und der Golfstrom durch die Lücke zwischen beiden nach dem Stillen Ozean hinaustrat, ohne unsere Gegenden zu erreichen. Allein auch diese Erklärung ist unmöglich. Dem ganzen Wesen und dem Ursprung der Meeresströmungen nach, die durch die herrschende Windrichtung bedingt sind, hätte eine Kommunikation mit dem Stillen Ozean eine solche Ablenkung aller Wahrscheinlichkeit nach gar nicht hervorgebracht. Überdies wissen wir aus der Verbreitung der diluvialen Säugetiere in Amerika, daß gerade zu jener Zeit eine Landverbindung zwischen Norden und Süden vorhanden war, so daß die Megatherien, die Mylodonten, die Mastodonten, Tapire, Lamas und Pferde ungehindert von dem einen Kontinent zum anderen gelangen konnten. Endlich haben die Untersuchungen amerikanischer Forscher über die Verbreitung diluvialer Meeresmuscheln an den Küsten ihres Landes ergeben, daß der Golfstrom denselben Verlauf hatte wie heute. Daß er auch die europäischen Ufer berührte, geht mit Sicherheit aus der Lage der Schneelinie in England und Schottland während der Eiszeit hervor.

Ähnlich verhält es sich mit Lyells Hypothese, daß Nordeuropa bis zu bedeutender Höhe über dem heutigen Wasserstande vom Meer überflutet gewesen sei, und daß die infolge dieser ausgebreiteten Wasserbedeckung bedeutende Feuchtigkeit das Anwachsen der Gletscher veranlaßt habe. Hier fehlt vor allem der Beweis für das Vorhandensein einer solchen Überflutung, auf die man nur irrtümlicherweise aus dem Vorhandensein von Geschiebelehm geschlossen hatte. Im Gegenteil ist wahrscheinlich, daß die nordischen Kontinentalgebiete, besonders Nordamerika, in jungpliocäner oder vorpleistocäner Zeit eine höhere Lage innehatten als jetzt.

Sind so die bisherigen Versuche, die Verschlechterung des pleistocänen Klimas auf bestimmte irdische Vorgänge zurückzuführen, als gescheitert zu betrachten, so läßt sich doch nicht in Abrede stellen, daß Veränderungen im gegenseitigen Verhältnis der Festländer und Meere, Eröffnung neuer Verbindungen, Änderungen der Höhenlage der Kontinente, Entstehung von Kettengebirgen und ähnliche Vorgänge unter allen Umständen einen gewissen Einfluß auf das Klima ausüben müssen. Ferner ist nicht zu leugnen, daß sich solche Vorgänge gerade im jüngeren Tertiär, jener Zeit, in der eine von den Polen ausgehende Verschlechterung des Klimas zuerst bemerkbar wird, im größten Umfang vollzogen haben. Man hat daher in neuerer Zeit wieder auf diese Verhältnisse zurückgegriffen, macht aber nicht mehr einen einzelnen derartigen Vorgang, sondern deren Gesamtheit für die Erscheinungen der Eiszeit verantwortlich, wie wir dies schon bei Besprechung der tertiären Floren erwähnt haben (vgl. S. 386). Da wir uns leider diese kontinentalen und ozeanischen Veränderungen bisher nur in ihren gröbsten Umrissen vorstellen können, ist vorläufig nicht zu entscheiden, ob ihre Tragweite in klimatischer Beziehung groß genug ist, die aus der Beobachtung erschlossenen Thatsachen zu erklären. Gegen diese Deutungsversuche spricht die allgemeine Verbreitung der Glazialerscheinungen, deren Spuren wir in den Alpen, in Nordeuropa und Nordamerika ebensogut verfolgen können wie in Südamerika, auf Neuseeland, im tropischen Amerika, in Zentralasien, deren Einfluß sich im Eintritt einer regenreichen Periode auch in der Sahara (vgl. Band I, S. 585) bemerkbar macht. Dieser Allgemeinheit der Erscheinung würden wir gern eine Ursache allgemeiner Natur entgegenstellen. Auch die Wiederholung der Vergletscherungen, die bedeutenden klimatischen Schwankungen der Eiszeit bereiten dieser Anschauung Schwierigkeiten. Nichtsdestoweniger verdient sie auch in Zukunft um so mehr im Auge behalten

Digitized by Google

zu werden, als auch die kosmischen Erklärungsversuche, wie wir sehen werden, bisher zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt haben.

Von verschiedenen Möglichkeiten einer allgemeinen Ursache hat man zunächst an eine Veränderung in der Lage der Pole gedacht. Allein ganz abgesehen davon, daß man kaum eine Stellung der Pole finden kann, die alle Erscheinungen gut erklärt, zeigt schon das oft betonte Gleichbleiben der klimatischen Verhältnisse der einzelnen Lokalitäten zu einander, daß keine bedeutende Verschiebung stattgefunden haben kann, zu der überdies auch die Zeit seit der Vereisung entschieden zu kurz wäre. Andere haben geglaubt, daß die Erde abwechselnd durch wärmere und kältere Regionen des Weltraums hindurchgehe. Wenn dies der Fall wäre, so müßte offenbar der Eintritt in eine wärmere Region dadurch bedingt sein, daß sich das ganze Sonnensystem einem Wärme ausstrahlenden Weltkörper, einem anderen Fixstern, nähert. Dieser würde aber naturgemäß auch das Sonnensystem und dessen einzelne Teile durch seine Masse anziehen und Störungen in den Bahnen der Planeten hervorrufen, von denen keine Spur zu bemerken ist. O. Biermann erblickt die Ursache der Eiszeit in Veränderungen der von der Sonne ausgestrahlten Wärmemenge, und auch E. Dubois nimmt auf Vorgänge auf der Sonne Bezug. Die Abkühlungszeit der vordem viel wärmeren Klimate wird dem Übergang der Sonne aus dem Zustande des weißen in den eines gelben Sternes zugeschrieben. Vorübergehend näherte sich die Sonne zwei- bis dreimal dem Zustande der roten Sterne (vgl. Band I, S. 78); dadurch würden bei verminderter Wärmeausstrahlung die wiederholten Vergletscherungen der Eiszeit bedingt. Leider sind wir nicht im stande, diese Hypothesen zu kontrollieren; ihr Ausbau zu Theorien ist vorläufig nicht zu erwarten. Ferner hat man Änderungen in der Schiefe der Ekliptik, der Stellung der Erdachse zur Ebene der Erdbahn, zu Hilfe rufen wollen; aber ganz abgesehen davon, daß man sich noch nicht darüber hat einigen können, ob durch schiefere Stellung eine Abkühlung oder eine Erwärmung der höheren Breiten herbeigeführt werde, lehrt auch die Astronomie, daß eine solche Änderung überhaupt nicht angenommen werden darf. Kleine Schwankungen sind unter dem Namen der Präzession und Nutation bekannt, infolge deren in Perioden von 10,500 Jahren abwechselnd die nördliche und die südliche Halbkugel etwas längere Sommer hat; auch darin hat man die Ursache der Vereisung gesucht. Allein ob eine Verkürzung des Sommers in diesem geringen Betrag eine solche Wirkung ausüben kann, ist zweifelhaft, da in dem kürzeren Sommer die Erde der Sonne näher steht und ihr dadurch eine größere Wärmemenge zugeführt wird. Überdies aber muß ein ständiger starker Wechsel der klimatischen Verhältnisse in so überaus kurzen Perioden als allen Erfahrungen widersprechend abgelehnt werden.

Von anderer Seite wird auf die Exzentrizität der Erdbahn großer Wert gelegt. Die Erdbahn ist bekanntlich kein Kreis, sondern eine breite Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht; aber die Form dieser Ellipse bleibt sich nicht immer gleich, sie wird in langen Zeiträumen abwechselnd etwas schmäler oder exzentrischer und dann wieder breiter und kreisähnlicher. Aus den Veränderungen, die jetzt in dieser Beziehung vor sich gehen, hat man zu berechnen versucht, wie diese Verhältnisse in früherer Zeit waren, und man hat dabei das Resultat gefunden, daß die Schwankungen sehr bedeutend sind. So soll eine Zeit hoher Exzentrizität etwa 240,000 Jahre v. Chr. begonnen und etwa bis zum Jahre 80,000 gedauert haben; noch extremer gestaltete sich die Bahn etwa 850,000 und 2,500,000 Jahre vor unserer Zeitrechnung, und dazwischen liegen noch einige bedeutende Schwankungen. Man hat nun theoretisch abgeleitet, daß starke Exzentrizität der Erdbahn eine erhebliche Abkühlung mit sich bringt, und geradezu jene vor 80,000 Jahren abschließende Periode als der diluvialen Eiszeit entsprechend betrachtet.

Unter all den verschiedenen Erklärungsversuchen kommt diesem entschieden die meiste Bedeutung zu. Er verdient um so größere Beachtung, als damit auch absolute Zeitmaße, bestimmte

Digitized by Google

Angaben nach Jahrtausenden, für die Dauer bestimmter geologischer Vorgänge gegeben wären. Leider aber ist auch diese Auffassung, die durch Adhémar, Croll, Pilar, Wallace und in neuerer Zeit durch R. Ball geistreich ausgebildet worden ist, einer genaueren Prüfung gegenüber nicht stichhaltig. Bei der Crollschen Theorie ließ der Nachweis, daß starke Exzentrizität Kälte mit sich bringt, viel zu wünschen übrig. In dieser Richtung hat R. Ball einen entschiedenen Fortschritt angebahnt. Er geht hierbei von der Thatsache aus, daß von der gesamten Wärmemenge, die jede Erdhalbkugel im Lauf eines Jahres empfängt, im Sommer (d. h. in der Zeit von der Frühlings- bis zur Herbstnachtgleiche) 63, im Winter 37 Teile aufgenommen werden. Wenn nun nach Balls Berechnung der extreme Fall eintritt, daß die eine Jahreszeit 199, die andere nur 166 Tage umfaßt, so würden sich, wenn das Winterhalbjahr das längere war, die darauf entfallenen 37 Teile auf die vergleichsweise lange Zeit von 199 Tagen verteilen; es müßte also eine nicht unwesentliche Erniedrigung der Temperatur und ein Zustand eintreten, der geeignet ist, die Schnee- und Eisbildung der Winterszeit zu verstärken und über den folgenden Sommer hinaus in höherem Grade, als es jetzt der Fall ist, zu erhalten. Ob aber die so entstandene Temperaturerniedrigung bedeutend genug ist, die Erscheinungen der pleistocänen Eiszeit herbeizuführen, ist auch unter Zugrundelegung der Ballschen Ausführungen noch sehr fraglich. Sicher dagegen stimmt die aus dieser Theorie notwendig folgende Annahme von periodisch häufig wiederkehrender starker Abkühlung im ganzen Verlaufe der Erdgeschichte durchaus nicht mit unseren Erfahrungen überein; wir haben in vereinzelten, ganz bestimmen Abschnitten der älteren Perioden Spuren niedriger Temperatur gefunden, aber keine der beobachteten Erscheinungen gestattet, auf eine oftmalige Wiederholung zu schließen. Vergebens sucht man z. B. im Verlaufe der Tertiärformation nach den Anzeichen der Kälteperioden, die vor 800,000 und vor 2,500,000 Jahren stattgefunden haben sollen. Wohl sind einige sehr gewundene Versuche gemacht worden, darüber Rechenschaft zu geben, warum sich solche Spuren nicht erhalten konnten; allein keiner kann auch nur im entferntesten befriedigen.

Die meisten Hypothesen, die die Abkühlung der Temperatur während der Eiszeit auf Änderungen in der Exzentrizität der Erdbahn zurückführen, sehen sich ferner zu der Annahme gezwungen, daß die Vereisung im Norden und Süden nicht gleichzeitig, sondern abwechselnd eintrat, so daß der Interglazialzeit des Nordens ein Maximum der Vergletscherung im Süden entsprach. Nun ist es wohl noch nicht exakt bewiesen, daß die Vergletscherung der Eiszeit auf der ganzen Erde streng gleichzeitig eingetreten ist; aber es sprechen viele Gründe dafür, besonders die Vergletscherung in den äquatornahen Gegenden, wie in der Sierra de Santa Marta in Kolumbien und in den Anden von Merida. Wohl können wir einsehen, daß unter den oben angenommenen Verhältnissen bei einer Verlängerung des Winters die gemäßigten und polaren Gebiete abgekühlt werden; aber in den Tropen dürfte sich nichts derartiges zeigen. Wir müssen daher in den diluvialen Gletscherspuren der Tropenländer mit A. Penck einen entschiedenen Beweis dafür erblicken, daß die Vereisung auf der nördlichen und südlichen Halbkugel gleichzeitig stattfand.

Fassen wir alles zusammen, so können wir sagen, daß während der diluvialen Eiszeit wahrscheinlich über die ganze Erde eine Erniedrigung der Temperatur stattfand, daß wir aber weder über deren Ursache noch auch über die Dauer der Erscheinung, in Jahren ausgedrückt, etwas Bestimmtes wissen oder auch nur eine Hypothese mit stichhaltiger Begründung aufzustellen vermögen. Wir müssen aber auch beifügen, daß wohl auf lange Zeit hinaus jeder Versuch einer Erklärung als durchaus fruchtlos erscheinen muß, weil wir die entscheidenden Thatsachen noch viel zu wenig kennen. Vor allem müssen wir die klimatischen Verhältnisse auch der früheren Perioden kennen zu lernen suchen, und dann wird sich vielleicht die Erklärung leichter ergeben, als man jetzt glaubt. Vorläufig liegen nur die ersten Ansätze künftiger Erkenntnis vor. Es

Digitized by Google

mangelt uns hauptsächlich die breite Grundlage der Thatsachen, und diese zu vermehren, wird daher noch lange das einzige erreichbare Ziel sein.

Geologische Zeiträume.

Wir haben die lange Reihe der geologischen Formationen kennen gelernt, innerhalb deren sich der einer näheren Erforschung zugängliche Teil der Erdgeschichte abspielt. In endlosem Wechsel folgen Tier- und Pflanzengesellschaften aufeinander, Meere und Festländer sind Veränderungen unterworfen, und aus den dürftigen uns erhaltenen Überresten all diese Vorgänge zu entziffern, ist die Aufgabe der historischen Geologie. Soweit wie möglich haben wir die Reihenfolge der Erscheinungen kennen zu lernen gesucht, von dem ersten Auftreten erkennbarer und sicher deutbarer Organismenreste bis zum Beginn der Jetztwelt. Aber abgesehen von dieser Periode, in der uns die Versteinerungen als Merkzeichen leiteten, eröffnete sich der Ausblick in eine noch frühere Urzeit, in die archäische Epoche, aus der keine bestimmbaren Tier- und Pflanzenreste vorliegen, in welcher aber Organismen gelebt haben müssen. Nur die fossilfreien Gesteine jener Zeit sind uns erhalten, kristallinische Schiefer, Marmor 2c., die uns einen überaus langen, aber durchaus rätselhaften Abschnitt der Erdgeschichte repräsentieren, dessen Dauer vermutlich die aller darauf folgenden fossilführenden Formationen übertraf. Während uns ein richtiger Überblick über die archäischen Ablagerungen und eine der Kritik standhaltende allgemeine Gliederung noch fehlt, können wir die Reihenfolge der späteren Bildungen genau bestimmen und die einander zeitlich entsprechenden Schichtglieder und Faunen selbst in weit voneinander entfernten Gegenden wiedererkennen. Wenn dies aber auch möglich ist und die geologische Systematik in dieser Richtung sogar ziemlich ausgebildet erscheint, so zeigt doch diese geschichtliche Darstellung eine große Schwäche in dem vollständigen Mangel einer Zeitbestimmung. Man kennt nur die Reihenfolge, das relative Alter, aber wir haben keine Ahnung von der wirklichen Dauer der seit Beginn der kambrischen Formation verflossenen Zeiträume oder irgend eines Teiles derselben.

Allerdings hat es nicht an Versuchen gefehlt, die Zahl der Jahre, Jahrtausende oder Jahrmillionen zu bestimmen; aber bisher ohne jeden Erfolg. Von der ersten kindlichen Auffassung, die ganze geologische Geschichte in die 6000 Jahre des mosaischen Berichtes zusammenzudrängen, bis zu den scharfsinnigen Untersuchungen der neuen Zeit, die sich auf die Wärmezunahme der Gesteine gegen die Tiefe, auf die Masse der Gesamtheit der Sedimente oder auf die Änderungen in der Exzentrizität der Erdbahn und ihren Zusammenhang mit dem Eintreten von Kälteperioden stützen, kann keine der Berechnungen auch nur den mindesten Anspruch auf Zuverlässigkeit machen. Sie sind nicht nur etwa ungenau, sondern die Grundlagen sind durchaus nichtig, und keine kann sich rühmen, auch nur eine rohe Annäherung an die Wahrheit darzustellen.

Daß die Zunahme der Wärme in der Tiefe und die Exzentrizität der Erdbahn keine genügenden Anhaltspunkte gewähren, wurde schon früher (Bd. I, S. 126; Bd. II, S. 474) erwähnt, und auch die Masse der Sedimente läßt uns bei jedem Versuche, sie zur Grundlage der Vermutungen zu machen, vollständig im Stiche. Wie haben von der Mächtigkeit der Ablagerungen in den großen ozeanischen Becken, die vor allem den Ausschlag geben, nicht die leiseste Vorstellung. Überdies rührt weitaus der größte Teil des Materials, das heute durch die Flüsse oder durch die Wirkung der Brandung ins Meer gelangt, von der Zerstörung geschichteter Gesteine her; dasselbe Material ist vielleicht im Laufe der geologischen Geschichte schon zwölfmal oder öfter umgelagert worden, und so fehlt auch hier jede Möglichkeit und Berechtigung zu weitergehenden Schlüssen. Eher kann noch den Versuchen eine gewisse Berechtigung zuerkannt werden,

Digitized by Google

die nur die Dauer kleiner Abschnitte, und zunächst des letzten, zu berechnen suchen. Man beobachtet die geologische Wirkung, die irgend ein Faktor heute ausübt, und sucht daraus abzuleiten, wie lange er brauchte, eine bestimmte bekannte Leistung zu verrichten. Eins der bekanntesten Beispiele dieser Art bietet der Niagarafall in Nordamerika. Aus dem Betrage seines jährlichen Rückschreitens läßt sich, wie wir dies schon auseinandergesetzt haben (Bd. I, S. 479), die seit Abschluß der pleistocänen Vereisung abgelaufene Zeit berechnen. Bei der Unsicherheit, die für wichtige Faktoren der Rechnung besteht, schwanken die Angaben zwischen 7000 und 36,000 Jahren. Ein bestimmtes Ergebnis ist also auch auf diesem Wege nicht erzielt worden. Trotzdem dürfte der Niagara, wenn erst alle einschlägigen Thatsachen genau bekannt sein werden, eine Art Chronometer der jüngsten Epoche der Erdgeschichte abzugeben geeignet sein.

Noch viel ungünstiger verhält es sich mit einigen anderen vielgenannten Zeitmaßen, mit den Anschwemmungen des Nils und Mississippi, mit den Schwankungen des Meeresspiegels an der schwedischen Küste 2c., aus denen man je nach der persönlichen Auffassung Zeiträume von sehr verschiedener Länge herausgerechnet hat. In all diesen Fällen schwankt die positive Grundlage so sehr, daß man sich all den Zahlenangaben gegenüber äußerst mißtrauisch, ja geradezu ablehnend verhalten muß. Ist das schon bei Abschätzung der allerjüngsten Vergangenheit unseres Erdkörpers der Fall, so muß sich die Unsicherheit steigern, wenn man eine weit frühere Vorzeit in Betracht zieht, oder wenn man die ganze Dauer der Periode seit Beginn der kambrischen Formation abzuschätzen versucht. Es kann nicht wundernehmen, wenn der eine Forscher dafür so viel Milliarden von Jahren in Anspruch nimmt wie der andere Millionen. Kaum eine Frage wird häufiger von dem Laien an den Geologen gerichtet als die nach der Dauer der vergangenen Perioden, und kaum auf irgend eine Anfrage ist er so wenig im stande, eine bestimmte und befriedigende Antwort zu geben. Das einzige, was er sagen kann, ist, daß es sich um *ungeheuer lange Zeiträume handelt*, um Ziffern, von deren Größe und Bedeutung man sich kaum mehr eine Vorstellung zu machen im stande ist. Schon von dem, was eine Million Jahre bedeutet, macht man sich in der Regel keine Vorstellung. Und daß es sich in der Erdgeschichte um sehr viele Millionen von Jahren handelt, daran zweifelt heute kaum irgend jemand mehr, der mit der historischen Geologie vertraut ist.

Ist es aber auch unmöglich, irgend eine Zahlenangabe zu machen, so ist es doch wichtig, durch einige greifbare Beispiele von der enormen Dauer der geologischen Perioden eine Ahnung zu gewinnen. Den besten und verläßlichsten Maßstab für die Dauer eines Abschnittes bietet, wie oben (S. 17 ff.) erwähnt wurde, die Summe von Veränderungen, die einzelne Organismenstämme und namentlich die häufigsten Formen der wirbellosen Meerestiere erlitten haben. Es wurde darauf die Einteilung in paläontologisch charakterisierte Zonen gegründet, wir haben gesehen, daß z. B. in der Juraformation mehr als 30 derartiger aufeinander folgender Entwickelungsphasen der Marinfauna unterschieden werden konnten, und ähnlich verhält es sich bei den anderen Formationen, wenn wir auch bei diesen die Zahl der Zonen noch nicht genau festsetzen können. Jedenfalls aber ist seit der kambrischen Zeit eine außerordentlich große Zahl solcher Abschnitte vorübergegangen.

Betrachten wir nun die Marinfauna der jüngsten Perioden, so finden wir, daß die Konchylien und andere Typen der wirbellosen Tiere der diluvialen Fauna mit den jetzt lebenden vollständig übereinstimmen. Es haben Verschiebungen in der geographischen Verbreitung stattgefunden; aber in der Form der einzelnen Arten ist keine wahrnehmbare Veränderung eingetreten. Erst wenn wir die Vorkommnisse des oberen Pliocäns zum Vergleiche heranziehen, finden wir schwache Unterschiede, so daß wir hier etwa einer anderen Entwickelungsphase gegenüberstehen. Diluvium und Jetztzeit zusammen bilden nur eine Phase, wie deren z. B. die Juraformation

Digitized by Google

über 30 umfaßt, mit anderen Worten, es ist nur ein verschwindend kleiner und kurzer Abschnitt der Erdgeschichte, wie deren Hunderte seit Beginn der kambrischen Zeit verflossen sind. Und doch, wenn wir diese im Vergleiche zur Gesamtheit kleine Spanne der Entwickelung, die uns bis in ihre Einzelheiten bekannt ist, überblicken: welch außerordentliche Menge wichtiger Vorgänge drängt sich in ihr zusammen, zu welch ungeheurer Länge dehnt sie sich aus, wenn wir sie nach dem Pygmäenmaßstabe der menschlichen Lebensdauer, nach unseren historischen Begriffen messen! In diesem Zeitraum finden wir zuerst warmes Klima in Europa; dann trat die Eiszeit ein, unterbrochen von einer milderen Zwischenperiode. Endlich zog nach der letzten Vereisung allmählich das heutige Klima ein. Europa war während dieser Zeit zuerst ein Waldland, in einem späteren Zeitpunkte war ein großer Teil Steppe, endlich stellte sich wieder allmählich Waldwuchs ein. Ziemlich bedeutende Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land gingen in dieser Zeit vor sich: Malta und Sizilien wurden von Afrika getrennt, der Isthmus von Suez bildete sich, das ägeische Becken wurde vollends vom Meer überflutet, das Schwarze Meer trat in Verbindung mit ihm, das Kaspische Meer, anfangs im Zusammenhang mit diesem, wurde abgetrennt und dampfte dann so weit ein, daß sein Spiegel heute mehr als 25 m unter dem des Schwarzen Meeres liegt. Außerhalb Europa wurde die Verbindung zwischen dem nordöstlichen Asien und dem nordwestlichen Amerika zerrissen, und wahrscheinlich gingen noch andere gewaltige Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land vor sich, namentlich in der Region der ostasiatischen Festoninseln. Auch im Stande des Meeres traten während dieser Zeit große Schwankungen ein. Es griff namentlich im hohen Norden außerordentlich um sich, ja wir finden diluviale Muschelbänke dort bis zu mehr als 300 m über dem jetzigen Meeresspiegel.

All diese großartigen Veränderungen gingen während eines Abschnittes vor sich, der doch nur einen Moment in der Erdgeschichte darstellt. Noch eindringlicher wird uns aber deren Dauer vor Augen gestellt, wenn wir die Einzelwirkung des Wassers während dieser Zeit etwas näher ins Auge fassen, wie sie sich teils in der Aufschüttung von Material, teils in der Denudation und Thalbildung zu erkennen gibt. Wir wissen, welch ungeheure Menge von Gerölle, Schlamm, Sand die Flüsse überall aufgeschüttet haben: die riesigen Schwemmländer des Rheins, der Donau, der großen sibirischen Ströme, des Po, des Nils, des Hoangho, des Mississippi zeigen uns die gewaltigen Massenbewegungen, die hier stattgefunden haben. Von den Seen, die sich am Rande der Alpen während der Diluvialzeit gebildet haben, sind manche seit dem Ende der Eiszeit schon ganz wieder zugeschüttet worden.

Es mag hier nur an zwei Beispiele erinnert werden, die besonders geeignet sind, die Länge der seit Beginn des Diluviums abgelaufenen Zeit zu veranschaulichen. Den einen Fall bieten uns die großen Binnenseen, in dem Großen Becken zwischen der Sierra Nevada und den Rocky Mountains des westlichen Nordamerika (vgl. oben, S. 461). Der Bonneville-See, der auf seinem Höhepunkt ein Areal etwa zwei Drittel so groß als das Königreich Bayern bedeckte, war zu Beginn der Diluvialzeit noch nicht von besonderer Größe; erst mit dem Eintritt einer feuchten Periode, die der Eiszeit entspricht, schwoll er an und stieg bis gegen 300 m über dem früheren Stande. Während der Zeit dieser großen Ausdehnung lagerte sich gelber Thon in einer Mächtigkeit von 30 m ab, dann verdunstete das Wasser zum größten Teil wieder; auf dem nun trocken gelegten Seeboden entwickelte sich ein Flußsystem, und es bildeten sich Ablagerungen von fluviatilen Geröllen in den Furchen des teilweise denudierten gelben Thones. Dann trat wieder eine feuchtere Periode ein, der See stieg abermals, noch höher als früher, bis zu einem Niveau von 330 m über dem tiefsten Punkte des heutigen Bonneville-Beckens, und es lagerten sich 3—6 m eines kreideartigen Süßwassermergels ab. Der See war nun so hoch gestiegen, daß das Wasser über seine Ränder abfließen konnte, und dieser Abfluß konnte allmählich sein Bett

Digitized by Google

vertiefen bis zu einem Betrage von fast 130 m. Endlich schrumpfte der See wieder ein, und als sein Rest bleibt heute nur noch der Salzsee der Mormonenstadt in Utah zurück. Diese gewaltigen Schwankungen, diese massenhafte Sedimentbildung, die Ausnagung eines 130 m tiefen Thales, all das fällt auf den Abschnitt der Diluvialperiode, der anderwärts durch die Eiszeit vertreten ist. Jeder Versuch, die Dauer dieser Geschehnisse in Jahren auszudrücken, wäre vergeblich. Nur das eine darf man mit voller Bestimmtheit sagen, daß der hierzu erforderliche Zeitraum überaus lang gewesen sein muß, dem gegenüber die wenigen Jahrtausende unserer historischen Zeit eine sehr unbedeutende Rolle spielen.

Zu derselben Überzeugung kommen wir bei Betrachtung des Betrages an Erosion und Ausnagung, die der Rio Colorado durch die Bildung seiner tief eingeschnittenen Thalschluchten in Arizona, des „Großen Cañon", geleistet hat (vgl. Bd. I, S. 487). Diese gewaltigste Schlucht der Erde, die über 200 englische Meilen lang, 5—12 Meilen breit und bis zu 2000 m Tiefe in die umgebende Plateaufläche eingeschnitten ist, hat der Colorado im Laufe zahlloser Jahrhunderte ausgenagt. Allerdings ist diese ungeheure Wirkung nicht während der Diluvialzeit erzielt worden, sondern der Beginn geht nach den amerikanischen Geologen bis zum Anfang des Pliocäns zurück; immerhin ist das eine, geologisch gesprochen, noch sehr junge Vergangenheit, und wir können auch hier nur zugestehen, daß es sich um Zeiträume von einer Länge handeln muß, für die uns die genaue Vorstellung fehlt.

Es bedarf kaum noch eines Wortes, um hervorzuheben, welch ungeheure Dauer der Gesamtheit der fossilführenden Formationen zukommt, wenn sich uns schon die letzten Ausläufer so gewaltig darstellen. Nehmen wir vollends noch die Zeit hinzu, während deren die archäischen Ablagerungen gebildet worden sind, so verliert sich unser Blick in eine so entlegene Vergangenheit, daß man bei dem Versuche, sich davon eine Vorstellung zu machen, unwillkürlich das Gefühl eines Mannes empfindet, der von einem hoch gelegenen Punkte in schwindelnde Tiefe hinabblickt, in deren Grund einzelne Gegenstände zu unterscheiden er sich vergeblich bemüht.

Digitized by Google

II. Topographische Geologie.

9. Die Gebirge der Erde.

Inhalt: Verbreitung der jungen Kettengebirge auf der Erde. — Lage und Zusammenhang der südeuropäischen Ketten. — Die Alpen. — Die Karpathen. — Das westeuropäische Schollenland. — Die russisch-skandinavische Tafel und Sibirien. — Afrika und die vorderindische Halbinsel. — Die asiatischen Kettengebirge, China und Australien. — Amerika.

Verbreitung der jungen Kettengebirge auf der Erde.

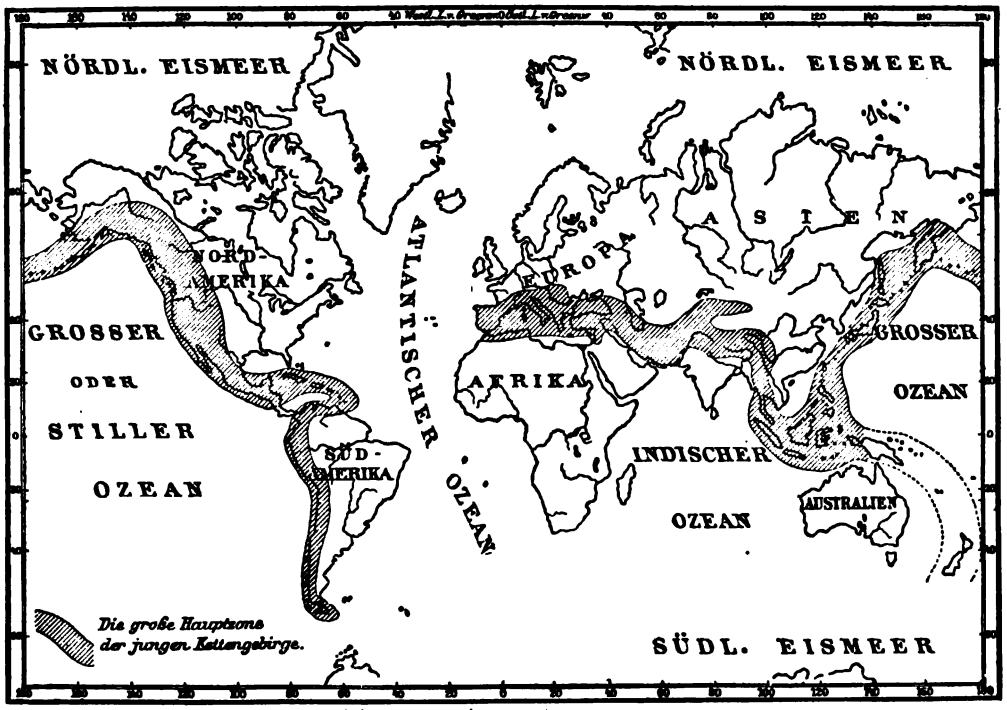
Bei der bisherigen Darstellung ist einer der wichtigsten Teile des geologischen Forschungsgebiets so ziemlich unberührt geblieben: die Schilderung des wirklichen Baues der einzelnen Länder der Erde. Dies ist die Aufgabe der topographischen Geologie, die bis zu einem gewissen Grad ein Grenzgebiet gegen die Geographie darstellt. Unter all den verschiedenen Zweigen unserer Wissenschaft wird wohl keinem anderen so viel Aufmerksamkeit und Arbeitskraft gewidmet als diesem. In erster Linie dienen ihm die von den Regierungen angeordneten geologischen Landesaufnahmen, die jetzt in allen zivilisierten Staaten und in der Mehrzahl ihrer Kolonien der praktischen Bedeutung der Sache wegen auf öffentliche Kosten eingerichtet sind; und neben ihnen arbeitet eine außerordentlich große Menge anderer Forscher in ähnlicher Weise. Dem entsprechend sind auch die Ergebnisse bedeutend, die Menge der Beobachtungen ungeheuer. Trotzdem können wir uns hier nicht mit einer genaueren Schilderung aller Länder der Erde befassen; es sollen nur einige der wichtigsten Hauptzüge skizziert und einzelne durch ihre Lage oder die Eigentümlichkeiten ihres Baues besonders interessante Gegenden näher besprochen werden.[1]

Wir haben schon bei einer früheren Gelegenheit (Bd. I, Kapitel ‚Gebirgsbildung') einen ersten Überblick über die verschiedenen Typen der Gebirge im geologischen Sinne gewonnen. Als gefaltete Ketten konnten wir Gebirge unterscheiden, deren Form und Bau im wesentlichen das Ergebnis seitlicher Krustenbewegungen sind: ausgesprochene Längenentwickelung, deutliche Faltung, Hervortreten der tektonischen Linien in den äußeren Formen der Bergzüge sind ihre wesentlichsten Eigenschaften. Verfallen solche Faltengebirge in größerem Maße der Bruchbildung, so daß ihre Umrisse dadurch und nicht durch die Richtung der Falten bedingt sind, so bezeichnen wir sie als Horst- oder Rumpfgebirge. Liegen aber die für die Zusammensetzung eines Landes

[1] In diesem neunten Abschnitt (besonders von S. 502 an) haben wir uns, geringe Abweichungen abgerechnet, streng an die Neumayrsche Auffassung gehalten, obwohl gewiß manches heute anders dargestellt werden könnte. Gründe der Pietät (vgl. oben, S. 205, Anm.) legten es uns nahe, auf durchgreifende Änderungen zu verzichten, die dem Buch ein vollständig anderes Aussehen hätten geben müssen. Die Redaktion.

Digitized by Google

maßgebenden Formationen horizontal oder wenigstens sehr flach, so haben wir Tafelländer vor uns. Wir haben aber auch schon hervorgehoben, daß diese Typen nicht streng geschieden sind. Treten doch in manchen Kettengebirgen Brüche so sehr hervor, daß sie die Begrenzung mindestens einer Gebirgsseite bedingen. Andere Kettengebirge zerfallen mehr oder minder deutlich in eine Anzahl von Horsten, und es bleibt dann den jüngsten Bildungen überlassen, ein einheitliches Band um das ganze, komplizierte Gebirge zu schlingen. Oder es umschließen Kettengebirge große Flächen, die sich als ungefaltete Tafeln erhalten haben. In Tafelländern wiederum liegen die ungefalteten Formationen stets auf einem gefalteten, wenn auch abradierten und völlig eingeebneten Sockel. Zwar kommt es nicht allzu selten vor, daß schon vom Devon, ja selbst vom



Verbreitung der jungen Kettengebirge.

Kambrium angefangen alle Formationen horizontal liegen; aber auch in diesen Fällen ist das archäische Grundgebirge doch immer aufgestaut.

Wir können aber noch ein anderes, historisches Merkmal wählen, um zu einer Übersicht zu gelangen, indem wir die Gebiete der Erdoberfläche, wo nach Beginn des Tertiärs noch Faltung und gebirgsbildende Bewegungen in größerem Maße stattgefunden haben, als geologisch junge Gebirge solchen gegenüberstellen, in denen eine Horizontalverschiebung seither nicht mehr eingetreten ist. Hierbei zeigt es sich, daß diese jungen Gebirge größtenteils, aber nicht völlig mit den gefalteten Ketten zusammenfallen. So bilden z. B. der Ural, die Appalachen, die sinischen Ketten, der Kuenlün echte Faltungsketten, haben aber seit Ablauf der paläozoischen Periode keine wesentlichen Faltungen mehr erfahren, verhalten sich also in diesem Punkte wie alte Horst- und Massengebirge oder ungefaltete Tafeln.

Wir wollen, wesentlich an der Hand der Untersuchungen von Sueß, die Verbreitung der Regionen junger Kettenbildung verfolgen (s. die obenstehende Karte). Die große Hauptzone umfaßt in Europa die Gebirge an der Nordseite des Mittelmeeres, ferner die Alpen,

Digitized by Google

Karpathen und das Balkangebiet. Von den südlichen Küstenländern gehört hierher das Atlasgebirge, während die Nordküste von Afrika östlich von Tunis schon vollständig verschiedenen Charakter zeigt und eine horizontale Tafel bildet. Weiter nach Osten fallen in diese Zone die Krim, der Kaukasus und Kleinasien, ferner das iranische Hochland und der Hindukusch. Wir gelangen nun an die großartigsten Erhebungen der Erde; vom „Dache der Welt", den Pamir, der Quellregion des Oxus und der Ströme von Kaschgar und Jarkand, geht im Norden ein mächtiger Ast ab, der gewaltige Tiënschan, der die große mongolische Wüste nach Norden begrenzt. Ob und in welcher Weise von da an nach Nordosten, nach den Jablonowoi- und Stanowoi-Gebirge und gegen die Nordostspitze von Asien, eine Fortsetzung stattfindet, ist unsicher, da diese Gegenden noch wenig bekannt sind.

Wir kehren zum Hindukusch und zu den Pamir zurück. Von ihnen geht die Hauptfortsetzung der großen Kettengebirgszone südlich von der Wüste Gobi aus; ihr gehören die höchsten Erhebungen der Erde an, der Himalaya, der Karakorum, der Kuenlün und das ganze tibetanische Hochland. Nun tritt eine vollständige Änderung der Richtung, eine Schwenkung nach Süden, ein, es folgen die von Norden nach Süden streichenden Ketten von Arakan, Barma, der malayischen Halbinsel, denen sich dann weiterhin die ebenfalls nach Kettentypus gebauten Sunda-Inseln, Sumatra, Java 2c. anschließen. Dann findet eine außerordentlich scharfe Umbiegung nach Nordosten statt: wir sehen die weitere Fortsetzung unserer Zone in der langen Kette der Feston-Inseln, die von Borneo bis Kamtschatka die Ostküste von Asien begleiten.

Hier verläßt der weitere Verlauf die Alte Welt. Die Inselreihe der Aleuten, ein großenteils unterseeisches Gebirge, bildet die Verbindung mit Nordamerika, wo parallel der Westküste eine Reihe mächtiger Ketten nach Südosten bis Süden streichen, das Kaskadengebirge, die Sierra Nevada, die Rocky Mountains und die zwischen diesen befindlichen Bergzüge. Die Ausläufer erstrecken sich durch Mexiko nach dem nordwestlichen Teile von Zentralamerika, wo plötzlich eine vollständige Änderung der Richtung eintritt. Statt dem Verlauf des Festlandes gegen Panama zu folgen, schwenken die Ketten nach Nordosten um, ihre Fortsetzung findet sich in dem großen Inselbogen der Antillen, der sich mit der Insel Trinidad an die Küste von Südamerika anschließt. Hier führen die anfangs von Osten nach Westen, später von Nordosten nach Südwesten streichenden Ketten von Venezuela und Kolumbien zu der Riesenmauer der südamerikanischen Anden hinüber, die nun in ungeheurer Erstreckung vom Äquator bis zur Südspitze von Amerika, bis zu den sturmgepeitschten Felsen von Kap Hoorn, hinabstreicht.

Diesen verwickelten Verlauf läßt ein Blick auf die Karte rasch verfolgen. In den Hauptzügen läßt er sich dahin zusammenfassen, daß die Hauptzone der Kettengebirge den Stillen Ozean im Osten, Norden und Westen umrahmt und sich von da, annähernd dem Verlauf der Osthälfte des „zentralen Mittelmeeres" der Jura- und Kreidezeit entsprechend, zwischen Indo-Afrika einerseits und die Hauptmasse von Europa und Asien anderseits einschiebt.

Die Zusammendrängung der großen Mehrzahl aller jungen Faltungen und Emporstauungen auf diese unregelmäßig verlaufende Zone bildet eine der merkwürdigsten und interessantesten Erscheinungen, die uns die topographische Geologie lehrt, und sie wird mit der Zeit für das Verständnis des Wesens der Gebirgsbildung ausschlaggebende Bedeutung gewinnen, wenn wir auch heute die Ursache dieses Verhältnisses noch nicht kennen. Allerdings gibt das auf S. 481 eingefügte Kärtchen ein ganz rohes, unvollkommenes und nur in den allerallgemeinsten Umrissen richtiges Bild, das noch in zahlreichen Punkten der Ergänzung und der Bestätigung bedarf: so ist das Verhältnis des Altai in Zentralasien noch nicht aufgeklärt, und ebensowenig können wir jetzt schon die Beziehungen der vom Altai gegen die nordöstliche Ecke Asiens sich hinziehenden Gebirge beurteilen. Die Art und Weise, wie sich die nordamerikanischen Gebirge

Digitized by Google

durch Mexiko fortsetzen, ist ziemlich unbekannt, und ebenso ist das Verhältnis noch ganz unklar, worin die gewaltige Insel Borneo zu den Kettengebirgen steht.

Vor allem aber ist noch eine sehr wesentliche Ergänzung notwendig, die wir heute schon mit einiger Wahrscheinlichkeit angeben können. Das westaustralische Festland ist eine alte Tafel von ähnlichem Bau wie Indo-Afrika. Dem Ostrand entspricht ein langer Faltenzug, der in Tasmanien seine Fortsetzung findet. Neuseeland und Neukaledonien sind Stücke vorliegender Falten, und namentlich ist Neuseeland ein unverkennbar in junger Zeit noch bewegtes Gebirgsland, das die Spuren neuer Thätigkeit der aufrichtenden Kräfte in der Menge seiner Vulkane, seiner Geiser und heißen Quellen erweist, die zu den merkwürdigsten Erscheinungen dieser Art auf der ganzen Erde gehören (s. die Tafel „Sinterterrassen des Tetarata-Sprudels", Bd. I, S. 435). Wenn wir auf der Karte die Richtung des Bismarck-Archipels und der Salomon-Inseln betrachten, so wird die Vermutung wachgerufen, daß auch diese eine Fortsetzung des neuseeländischen Zuges bilden, und daß ebenso auch das Hochgebirge der ostsüdöstlichen Halbinsel von Neuguinea demselben Gebirge angehöre.

Wie sich nun auch die angeführten noch zweifelhaften Punkte klären mögen, jedenfalls sehen wir die jüngeren Faltungen auf gewisse zusammenhängende Gebiete beschränkt, die der Hauptsache nach mit den Anlandungen der uralten permanenten Ozeane, des Pazifischen Ozeans und des zentralen Mittelmeeres, zusammenfallen. Allerdings ist damit für den Rest der Erdoberfläche das Vorkommen neuerer Massenverschiebungen nicht ausgeschlossen. Sie äußern sich aber hier, soweit sie überhaupt vorhanden sind, fast nur in einfacher Vertikalverschiebung, in dem Absinken von Schollen, an Brüchen oder Verwerfungen, während Faltungsbewegungen nur in geringem Maße an vereinzelten Stellen vorkommen.

Lage und Zusammenhang der südeuropäischen Ketten.

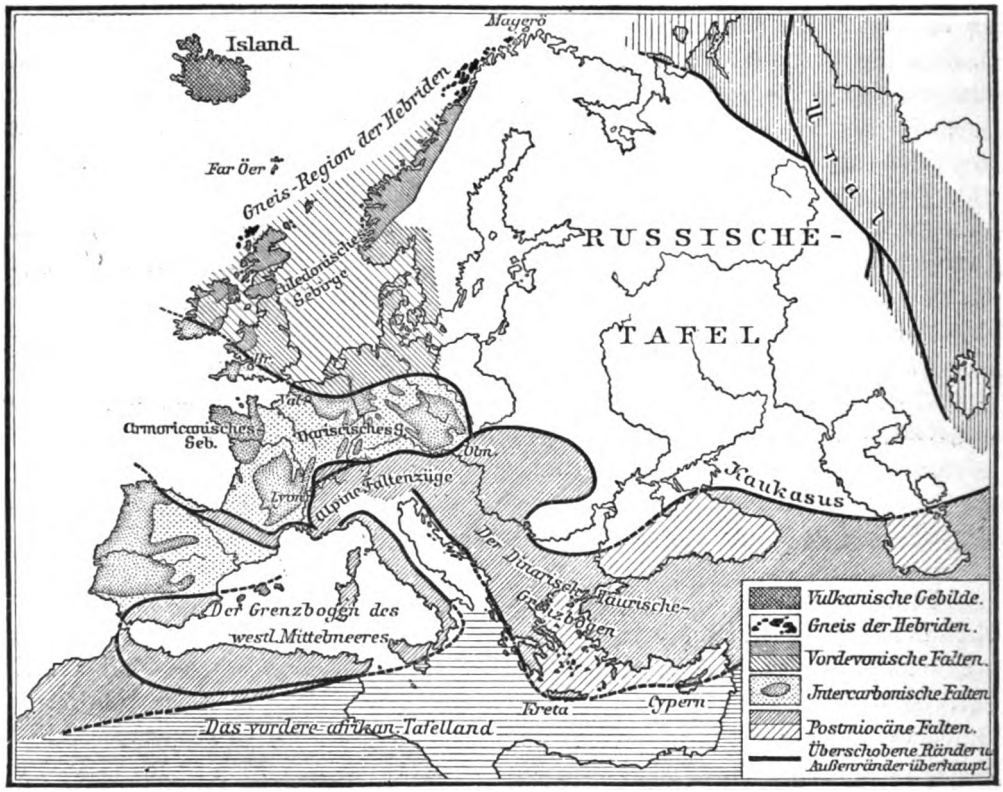
Es wurde schon hervorgehoben, daß die große Zone junger Kettengebirge nicht lauter junges Gebirge umfaßt, sondern daß sich zu diesem auch weite Senkungsfelder und mächtige Pfeiler alten Gebirges gesellen, die von der Bewegung der benachbarten Regionen unberührt geblieben sind. So verhält es sich auch in dem europäischen Teile dieser Zone; das spanische Mittelgebirge, Sardinien, vielleicht auch Corsica, ferner eine Scholle alten Gebirges im südlichen Ungarn, in Kroatien und den angrenzenden Gebieten, endlich ein Teil von Thrakien sind alte Massen, die als Horste stehen geblieben sind; das Tyrrhenische und Adriatische Meer, der griechische Archipel und das Schwarze Meer, ferner die Po-Ebene in Oberitalien und die ungarische Ebene stellen die hauptsächlichsten Senkungsfelder dar, und neben diesen abweichenden Elementen streichen die zahlreichen nach alpinem Typus gebauten Ketten nach sehr verschiedenen Richtungen.

Um einen flüchtigen Überblick über diese Ketten zu erhalten, wenden wir uns zunächst dem Golfe von Genua zu. Hier nehmen dicht nebeneinander zwei gewaltige Gebirge, die Alpen und die Apenninen, ihren Anfang, und an diese schart sich an der Ostseite des Golfe du Lion ein dritter Gebirgsbogen, der pyrenäisch-provençalische (s. die Skizze, S. 484).

Beginnen wir die Besprechung mit den Pyrenäen. Von jeher hat die isolierte Stellung dieser hohen, aber schmalen Kette Befremden erregt; es schien unmöglich, sie dem System der europäischen Faltungsgebirge passend einzufügen, eine Schwierigkeit, die heute noch nicht völlig beseitigt ist. Die Pyrenäen bilden eins der seltenen Beispiele symmetrischer Gebirge: die einzelnen Zonen der Nordseite wiederholen sich auf der Südseite. Auch die Beschaffenheit der Ablagerungen ist ungewöhnlich. Die Kreideformation gewinnt eine außerordentliche Entwickelung und Verbreitung,

Digitized by Google

Jura und Trias dagegen, die doch sonst in den Kettengebirgen stark vortreten, sind nur dürftig und einförmig ausgebildet. Auch die große Menge von Serpentinen und Ophiten verleiht den Pyrenäen ein eigenartiges Gepräge. Die jüngste Schicht, die an der Faltung teilnimmt, ist ein Konglomerat, das aus dem Obereocän bis in das untere Oligocän reicht. Mit horizontalen Schichten legt sich daran das Miocän an, während z. B. am Nordrande der Alpen und Karpathen auch noch das Miocän von den Bewegungen mit betroffen ist und anderwärts sogar pliocäne Ablagerungen an den Rändern der Gebirge mit ziemlich starker Neigung auftreten. Der Hauptkamm der Pyrenäen zieht mit ostsüdöstlichem Streichen an den Golfe du Lion und bricht dort ab.



Tektonische Skizze der Gebirge Europas. (Nach E. Sueß.) Vgl. Text, S. 483.

Die Ketten der kleinen Pyrenäen und der Corbières nördlich vom Ostende des Hauptkammes sind dagegen gegen Nordosten abgelenkt und gegen den Südrand des französischen Zentralplateaus gedrängt. Als weitere Fortsetzung streichen gefaltete Ketten um den Südrand des Zentralplateaus in nordöstlicher Richtung bis zum Rhône und darüber hinaus, in der Provence, in meist ostwestlicher Richtung bis an die Vorketten der Alpen. Aber auch die Hauptachse der Pyrenäen, die noch knapp am Golfe du Lion zu gewaltigen Höhen ansteigt, konnte unmöglich dort erlöschen, auch sie muß eine weitere Fortsetzung haben: diese dürfen wir jetzt in den kristallinischen Kernen des hyerischen Gebirges und der Monts des Maures zwischen Toulon und Fréjus erblicken.

Die alpinen Ketten sind an ihrem Beginn am Rande der Seealpen von Norden gegen Süden und von Osten gegen Westen bewegt, und ihnen sind die Maures (Esterel) und die hyerischen Berge derart entgegengestellt, daß man sie lange Zeit als alte Massengebirge angesehen hat, an denen sich die Bewegung der alpinen Ketten gegen Süden und Westen gestaut haben

Digitized by Google

sollte. Französische Forscher haben aber gezeigt, daß Esterel und die hyerischen Gebirge nicht nur echte Faltungsketten sind, sondern daß die seitliche Bewegung gerade hier ein außerordentliches Maß angenommen hat. So ist die Kette von Saint-Baume östlich von Marseille nach M. Bertrand auf eine Strecke von 15 km völlig gegen Norden überschoben. Bei Le Beausset ist ein Stück der Triasformation über die Oberkreide gegangen, wobei die Horizontalbewegung mindestens 6 km betragen soll. Wie die Pyrenäen an der Westseite des Golfe du Lion abbrechen, so schneiden die Ketten der hyerischen Gebirge bei Toulon und Marseille an der Ostseite dieses Golfes ab; beide aber standen ehedem miteinander in Verbindung. Mit Recht konnte E. de Margerie dem Golfe du Lion dieselbe Bedeutung zuschreiben, wie sie dem Becken von Wien zukommt: trennte der Einbruch des Wiener Beckens in miocäner Zeit die Alpen von den Karpathen, so schied der Kesselbruch des Golfe du Lion zur selben Zeit die Pyrenäen vom provençalischen Gebirge. Im Osten wurde das Meer später gänzlich verdrängt, im Westen hat es zur Pliocänzeit durch neuen Nachbruch im Becken von Roussillon auf der Nordseite, am Golfo de Rosas auf der Südseite der Pyrenäen, gewonnen.

So ist wohl der ehemalige Zusammenhang der Pyrenäen mit den provençalischen Gebirgen sichergestellt. Wo diese an die Alpen herantreten, findet eine eigentümliche bündelförmige Scharung der Ketten statt. Die provençalischen Ketten, wie die Alpines, Luberon, Montagnes de Vaucluse, Montagne de Lure, Ventoux drängen sich, gefaltet und oft von Bruchfalten durchzogen, mit ostwestlichem Streichen an die fast nordsüdlich laufenden Ketten der Voralpen heran.

Die Alpen nehmen bald die nordöstliche Richtung an, die bis zum Bodensee anhält. Hier tritt ostwestlicher Verlauf ein bis gegen das östliche Ende des Gebirges bei Wien und im östlichsten Steiermark, wo sich die verschiedenen alpinen Ketten teilen und als selbständige Gebirge nach weit voneinander abweichenen Richtungen ausstrahlen (vgl. Bd. I, S. 361). Zwei große Gebirge nehmen hier ihren Ursprung, die Karpathen im Nordosten und die dinarischen Ketten im Südosten, während zwei unbedeutende Höhenzüge, das ungarische Mittelgebirge und die Ivancica, zwischen beiden Platz greifen, die wir für den Augenblick nicht weiter verfolgen wollen.

Wir betrachten die Karpathen. Von der nördlichen Zone der Alpen bei Wien abzweigend, umgeben sie in mächtigem Bogen das ganze ungarische Tiefland gegen Nordwesten, Norden und Nordosten und schlingen sich dann um die nördliche, östliche und südliche Seite des siebenbürgischen Kessels. An der Grenze zwischen Siebenbürgen, dem Banat und Rumänien angelangt, biegt sich nun die weitere Fortsetzung des karpathischen Zuges, wie Sueß gezeigt hat, nach Süden. In gewaltigen Felsengen, in einer Menge von Stromschnellen wird sie hier von der Donau durchbrochen, dann wendet sich das Streichen der Bergkette auf serbischem und bulgarischem Gebiet nach Südosten und geht endlich in die langgestreckte mächtige Ostwestkette des Balkans über. Am Kap Emineh bricht dessen östliches Ende gegen das Schwarze Meer ab, aber jenseits stellen die Küstengebirge der Krim und weiterhin der Kaukasus die Fortsetzung dieser Kette dar.

Von kaum geringerer Bedeutung ist die südöstliche, dinarische, Fortsetzung der Alpen, von deren südöstlichsten Zweigen, aus Krain und den benachbarten Gegenden, sich die neuen Ketten entwickeln. Diesen gehört Istrien, Dalmatien und der westliche Teil von Bosnien und der Herzegowina an, ferner Montenegro und die albanischen Gebirge. Weiter im Süden sehen wir zwei Hauptzüge, von denen der eine, der Pindus, in nordsüdlicher Richtung den Grenzkamm zwischen Thessalien und Epirus, weiterhin die Ätolischen und Akarnanischen Alpen bildet. Dann tritt eine Unterbrechung durch den Golf von Korinth ein; aber südlich davon finden wir die Fortsetzung in den den Peloponnes von Norden nach Süden durchziehenden Gebirgen, die in den Vorgebirgen von Matapan und Malea das Mittelmeer erreichen. Die Hauptbestandteile dieses Gebirges bilden Kalksteine der Kreide und des Eocäns, Flyschsandsteine und Schiefer. Im

Digitized by Google

südöstlichen Peloponnes tritt unter dieser Decke das ältere Grundgebirge als kristallinischer Schiefer und Marmor hervor. Das im allgemeinen nach Südsüdosten gerichtete dinarische Streichen wird hier, wie A. Philippson gezeigt hat, durch lokale Knickungen etwas bewegter gestaltet. Von dem dinarischen Hauptstamm des Pindus zweigen sich außerdem kleinere Ketten gegen Osten ab. Sie bilden die Gebirge von Böotien, Attika und Euböa und ihre Fortsetzung, die Cykladischen Inseln, die quer über den griechischen Archipel von Europa nach Asien hinüberstreichen, und weiterhin vermutlich die Bergzüge, die sich von der Westküste des südlichen Kleinasien in das Innere des geologisch noch sehr wenig bekannten Landes ausdehnen. Der zweite große Hauptzug, der aus Albanien kommt, ist jenes mächtige Gebirge, das die thessalische Ebene nach Osten vom Meere trennt: der Olymp, der Ossa und Pelion bis hinab zum äußersten südöstlichen Ende der Magnesischen Halbinsel. Die verschiedene Art der griechischen Gebirgszüge bedingt eine große Mannigfaltigkeit in der Gestaltung des Landes, die durch große Einbrüche, wie den Korinthischen Golf, und zahlreiche Bruchlinien wesentlich gesteigert wird. An diesen Bruchlinien sind große Teile des Gebirges in die Tiefe hinabgesunken; sie bringen eine wahre Zerstückelung des Landes mit sich und äußern sich deutlich in dem gelappten Umriß des Landes und der reichen Küstengliederung. Obwohl diese Einbrüche ihren Anfang schon in der jüngeren Tertiärzeit genommen haben, ist das griechische Faltenland, wie die zahlreichen Erdbeben dieses Gebietes beweisen, auch jetzt noch nicht zu völliger Ruhe gelangt.

So sehen wir alle Kettengebirge des südöstlichen Europa mit den Alpen in innigem Zusammenhang stehen. Man kann sie alle als Ausläufer der Alpen oder umgekehrt diese als die Zusammenscharung der westlichen Enden aller Kettengebirge Südosteuropas betrachten. Eine annähernd ähnliche Bedeutung kommt für den Südwesten den Apenninen zu, die neben den Alpen am Golfe von Genua ihren Anfang nehmen. Sie wenden sich nach Südosten und ziehen durch die ganze Erstreckung der Halbinsel bis an den Golf von Tarent und nach Kalabrien. Hier tritt eine Biegung gegen Westen ein, und die Fortsetzung erscheint in westöstlicher Richtung auf Sizilien, sie setzt von da nach Nordafrika über und bildet die Ketten, die Tunis und Algerien durchziehen. In Marokko erfolgt eine abermalige Schwenkung nach Norden, der Bergzug setzt über die Straße von Gibraltar nach Spanien über, wendet sich dann abermals und zwar gegen Osten und bildet hier die großen andalusischen Gebirge, namentlich die Sierra Nevada.

Da wir später nicht mehr Gelegenheit haben werden, auf diese Gebirge, die E. Sueß als „Grenzbogen des westlichen Mittelmeeres" zusammengefaßt hat (s. die Karte auf S. 484), zurückzukommen, so wollen wir hier noch einige kurze Bemerkungen über ihren Bau und ihre Zusammensetzung folgen lassen. Der Apennin wendet, ähnlich den Ostkarpathen, die gefaltete Außenseite nach Nordosten. Hier umspannt ein breiter Flyschgürtel das ältere Gebirge, das auf der südwestlichen Innenseite an großen, meist kesselförmigen Brüchen zur Tiefe abgesunken ist (vgl. Bd. I, S. 360). So ausgedehnt sind diese Bruchfelder, daß die älteren paläozoischen und mesozoischen Ketten nur noch in einzelnen Gebirgsstöcken aufragen. Noch in pleistocäner Zeit ging hier viel Land verloren, dessen Trümmer in den vorwiegend aus kristallinischen Felsarten bestehenden Inseln Sardinien, Corsica und Elba erhalten sind. Ob sich aber dieses Festland den jungen Faltungen gegenüber als starre Masse verhalten oder an diesen als Bestandteil der apenninischen Ketten teilgenommen hat, bleibt eine offene Frage. Am Golfe von Tarent erreichen die Flysch- und Kalkzone der Apenninen das Jonische Meer; hier brechen sie ab, und nur die archäische Zone setzt sich mit transgredierenden Schollen von Oberjura und Oberkreide durch Kalabrien nach Sizilien fort. Unter scharfer Beugung nach Westen tauchen in Sizilien die archäischen Gesteine am Nordrande der Insel als Kern des Peloritanischen Gebirges auf; und nun erscheinen auch die jungpaläozoischen und mesozoischen Zonen und die Flyschgesteine wieder,

Digitized by Google

die an der Beugungsstelle zwischen der unteritalienischen Provinz Potenza (früher Basilicata) und der sizilischen Ostküste unter dem Jonischen Meere verborgen waren.

Die Bruchbildung beginnt hier, ähnlich wie in Griechenland, im jüngeren Tertiär. In Süditalien geht sie so weit, daß das Gebirge in einzelne Inseln zerfällt, die vom Meer umgeben waren. Das Land tauchte aber später wieder aus den Fluten auf, bedeckt mit den horizontalen Ablagerungen der Miocän- und Pliocänzeit, die, ganz so wie in Griechenland, bis zu bedeutenden Höhen das ältere Gebirge umhüllen. Auch die jungen, nachdiluvialen Bewegungen haben hier dieselbe Bedeutung wie im dinarischen Bogen. Die tertiären Ablagerungen haben auf Malta ihre Fortsetzung, das ältere gefaltete Gebirge in den nordafrikanischen Ketten. Wenn hier die größtenteils niedergebrochene Zone der kristallinischen Schiefer an den Küstenstrecken erscheint, dann aber paläozoische Gesteine und endlich südwärts bewegte mesozoische Falten folgen, so erkennen wir darin die Wiederholung des geologischen Baues der Apenninen. Während sich aber die nordafrikanische Kette im Westen nordwärts kehrt, um unter abermaliger Beugung nach Spanien einzutreten und hier der Küste entlang die Bätische Kordillere zu bilden, so streicht der Große Atlas mit dem Antiatlas gegen Westsüdwesten und erreicht, von der nördlichen Kette immer mehr ablenkend, im Kap Ghir die atlantische Küste. Auch die Bätische Kordillere wiederholt in bemerkenswerter Regelmäßigkeit den apenninischen Bau. Das alte Schiefergebirge erscheint in einer der Küste parallel laufenden Zone an der Innenseite. Dann folgen, stark gefaltet und von Verwerfungen und Blattverschiebungen durchsetzt, die mesozoischen Zonen und endlich die tertiären Ablagerungen, die am Nordrande der Kordillere noch von der Faltung ergriffen wurden. Die Übereinstimmung erstreckt sich auch auf die Lage der jungen Eruptionen. Fanden wir sie in den Apenninen, hier allerdings in der großartigsten Ausbildung, am Innenrande den Bruchfeldern aufgesetzt, so erscheinen sie in Nordafrika und in Spanien ebenfalls an den Innenbrüchen oder, der Beugung der Ketten entsprechend, dort in einzelnen Punkten am äußersten Nordrande, hier am südöstlichen Rande von Cabo de Gata bis Cabo de Palos. Die Faltungsbewegung ist nach außen gerichtet: in Nordafrika gegen Süden, in der Bätischen Kordillere nach Norden. Hier fand die Bewegung eine natürliche Begrenzung in der Iberischen Meseta (Tafel), jener großen Scholle, die den Kern der Iberischen Halbinsel von der Bätischen Kordillere bis zu den Pyrenäen bildet und in jeder Hinsicht den alten Horstgebirgen Mitteleuropas an die Seite zu stellen ist. In der Karbonperiode zum letztenmal gefaltet, weist dieses alte Land namentlich an den Randteilen eine flache, lückenhafte Decke mesozoischer Bildungen auf und ist von vielen Brüchen durchsetzt, die auch die Umrisse der größeren Gebirgsmassen geschaffen haben. An dieser starren Scholle brach sich die nach Norden drängende Bewegung der Bätischen Kordillere und der Sierra Nevada. Das Streichen dieser Kette wurde dadurch nach Ostnordosten gegen die Balearen, die mutmaßliche Fortsetzung der Kordillere, hingelenkt.

Die Alpen.

Den allgemeinen Verlauf der Alpenkette vom Golfe von Genua bis in die Gegend von Wien und nach Steiermark haben wir oben angedeutet. Manche Einzelheiten des geologischen Baues und der Zusammensetzung wurden auch schon im ersten Bande (S. 357 ff.) mitgeteilt. So wurde die Abhängigkeit der am weitesten nach Norden vorgeschobenen Falten von der Lage der alten Massengebirge (Granitinsel von Dôle, Vogesen, Schwarzwald, böhmische Masse), das Vordringen der Juraketten in der Senkung zwischen Schwarzwald und Vogesen, die Beeinflussung selbst der inneren Zonen der Alpen durch die böhmische Masse eingehend besprochen. Der Gegensatz

Digitized by Google

zwischen der gefalteten und meist nach Norden überstürzten Außenseite und dem gebrochenen Innenrande wurde hervorgehoben, die Zusammensetzung aus einzelnen Zonen (miocäne Molasse, Flyschzone, Kalkzone, kristallinische Zentralzonen) erwähnt, und auch die erdgeschichtliche Entwickelung des Gebirges wurde unter anderem berührt. Hier müssen wir an der Hand der beigehefteten „Geologischen Karte der Alpen" näher auf die Einzelheiten der Kettenbildung eingehen.

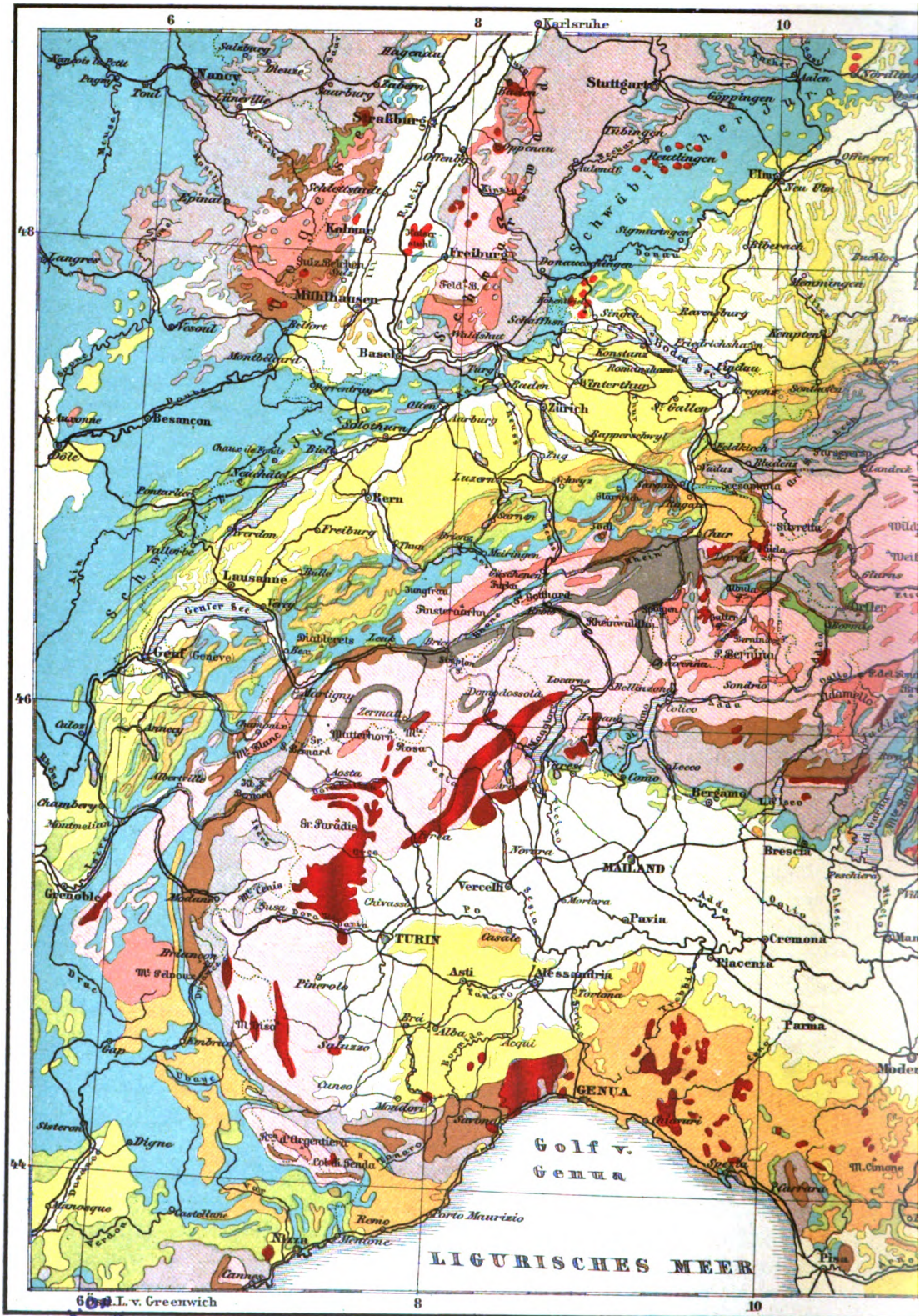
In zwei großen, konzentrisch angeordneten Zonen treten in den Westalpen kristallinische Gesteine hervor; in der inneren bilden sie einen zusammenhängenden Gürtel, in der äußeren tauchen sie nur als isolierte, inselartige Zentralmassive unter einer gefalteten Decke jüngerer Formationen auf. Wir unterscheiden in der äußeren, nach dem Montblanc benannten Zone neben kleineren Aufbrüchen hauptsächlich folgende Zentralkerne: Seealpen, Pelvoux (Masse von Oisans), Belledonne, Grandes Rousses, Montblanc, Aiguilles Rouges, Aarmassiv, Gotthardmassiv. Die innere oder die Zone des Monte Rosa besteht aus einem großen, verhältnismäßig einfach gebauten, weit gespannten Gewölbe von kristallinischen Felsarten, das an der Innenseite, gegen die piemontesische Ebene, scharf abbricht und auf der Außenseite von einem breiten, energisch gefalteten Bande von Sedimentärbildungen, der inneren Sedimentärzone der Westalpen (der „zweiten und dritten alpinen Zone" Lorys oder dem „Briançonnais" Dieners), umgürtet wird.

In dreifacher Hinsicht verdient diese innere Sedimentärzone der Westalpen unsere Aufmerksamkeit: der geologische Bau ist verwickelt, Erscheinungen des Metamorphismus sind sehr verbreitet, und die Ausbildung gewisser Schichten nähert sich der ostalpinen. Dieser den Westalpen sonst fremde Typus fällt am meisten bei den Triaskalken und Dolomiten mit Gyroporellen auf. Außer diesem Gestein wird die Trias des Briançonnais noch durch Quarzite, Hornsteine und Schiefer vertreten; in großer Verbreitung kommen Gesteine der Kohlenformation und verrucanoartige Gesteine der Permformation vor. Ferner sind Lias und Oberjura in Form von Kalksteinen bekannt, auch die Kreide und eocäne Konglomerate nachgewiesen. Der Metamorphismus hat namentlich die Gesteine der Kohlenformation ergriffen, zu der unter anderem auch chloritische Gneise und Glimmerschiefer, die Fortsetzung der weiter östlich ausgeschiedenen Casanna-Schiefer, gerechnet werden. Die eigentümlichste metamorphische Bildung dieser Zone sind aber die sogenannten Glanzschiefer (Schistes lustrés), sericitische, kalkreiche Schiefer von halbkristalliner Beschaffenheit, deren Stellung lange verkannt war. Erst durch den Nachweis ihres Vorkommens in verschiedenen Formationen wurde eine Klärung wenigstens angebahnt. Die Hauptmasse der Glanzschiefer dürfte den paläozoischen Formationen, namentlich dem Karbon, angehören; aber auch in der Trias erscheinen Gesteine derselben Art. Merkwürdigerweise nimmt die metamorphe Beschaffenheit aus der Mittelzone des Briançonnais, die durch Gesteine der Kohlenformation gebildet wird, gegen Osten fortschreitend zu. Diese Mittelzone der Kohlenformation ist zugleich für den geologischen Bau wichtig: östlich davon legen sich schiefe Falten nach Osten, gegen Italien, an, westlich davon fallen sämtliche Falten gegen Westen, gegen Frankreich, ein. Auf diese Weise kommt eine fächerförmige Struktur zu stande, die das ganze Briançonnais beherrscht. Nach Süden zu nimmt ein Band von Eocän statt der Kohlenformation die tektonische Mittelstellung ein; nach Norden erweitert sich nach M. Bertrand die Mittelzone dermaßen, daß selbst das Massiv des Monte Rosa einbezogen wird.

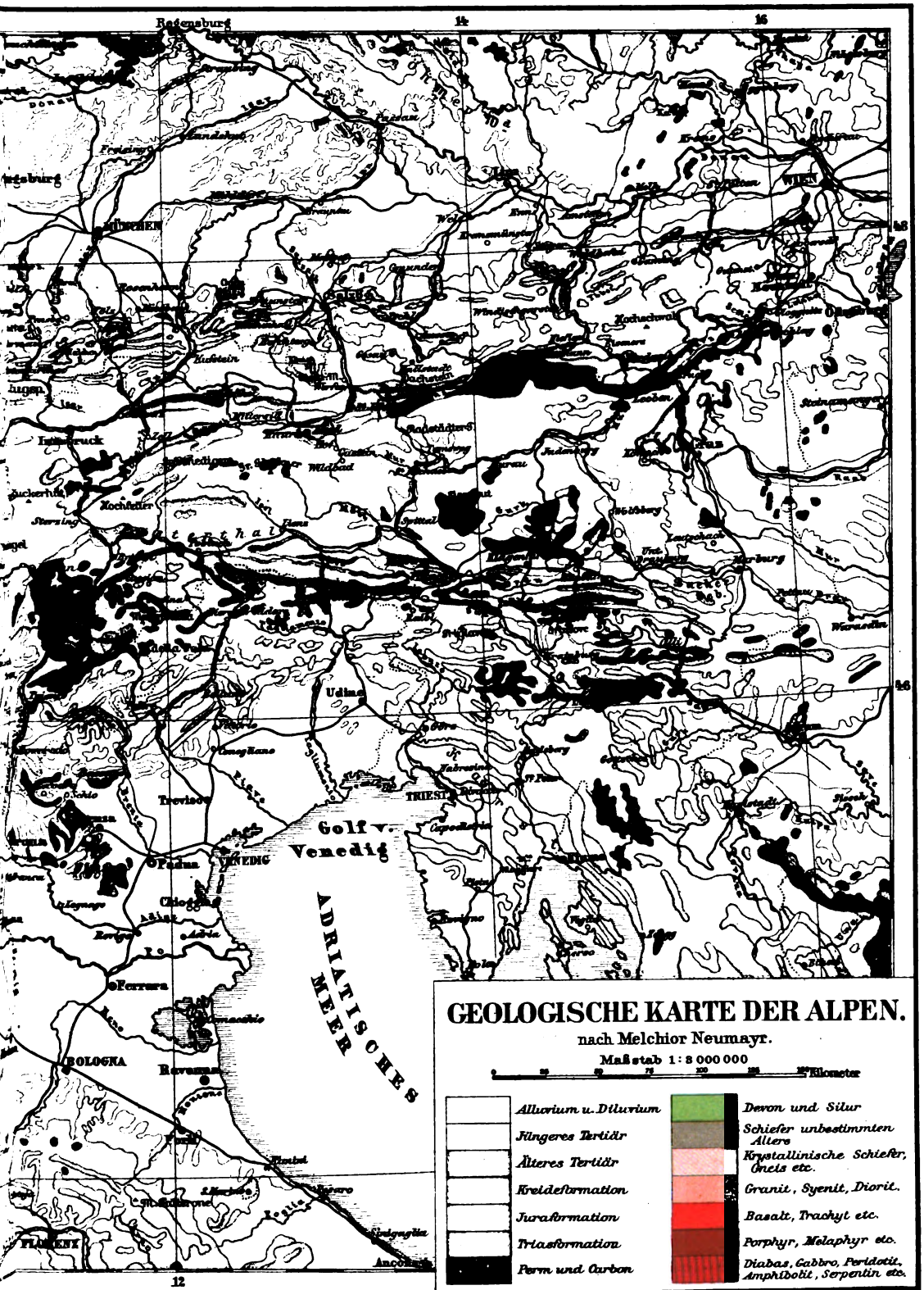
Auch in der äußeren Zone des Montblanc äußert sich der mächtige Seitendruck in der Fächerstruktur der Zentralmassen, die namentlich am Pelvoux, am Aar- und Gotthardmassiv und am Montblanc hervortritt (s. Band I, die Profile auf der Tafel bei S. 347, unten). Der Sedimentgürtel der äußeren Zone (die subalpinen Ketten) ist ebenfalls in intensiver Weise gefaltet. Seinen Verlauf am Außenrande der Seealpen, in der Gegend der Scharung mit den provençalischen Ketten, haben wir schon oben gekennzeichnet. Durch die nordwestlich angeschlossene, breite

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google



Institut in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Masse des Mont Pelvoux werden die subalpinen Ketten weit nach außen gedrängt, so daß sie zuerst ostwestlich, dann nordwestlich und endlich im Bogen umlenkend nordöstlich streichen und festonartig die Masse des Pelvoux umgeben. Während die Hauptketten am Nordrande der Zone des Montblanc bis an ihr Ostende in den Glarner Alpen ununterbrochen fortstreichen, lösen sich bei Chambéry einzelne Ketten unter sigmoider Beugung (vgl. Band I, S. 345) und wiederholten Blattverschiebungen gegen Nordwesten ab und bilden das Juragebirge (vgl. Band I, S. 342). So entsteht zwischen dem abgeirrten Jurazweig und dem Hauptstamm der Alpen die breite Niederung des Molasselandes, die durch Konglomerate, Nagelfluh und andere miocäne Bildungen eingenommen wird. Bevor wir diese äußerste subalpine Zone und den Hauptstamm der Alpen weiter verfolgen, werfen wir noch einen flüchtigen Blick auf das Juragebirge.

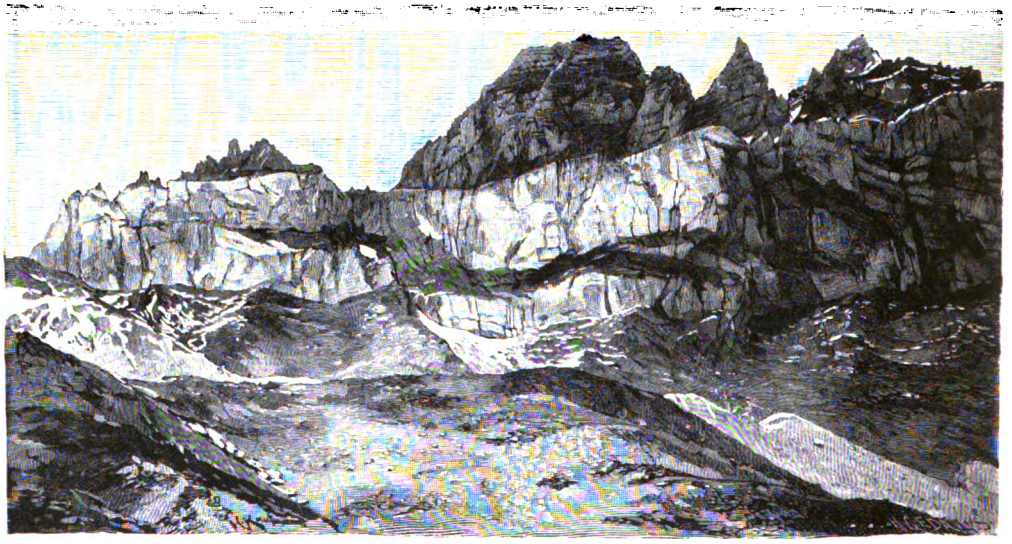
Seit langem werden die Juraketten als Schulbeispiel einer regelmäßigen Faltung angeführt (s. Band I, die Profile auf der Tafel bei S. 347, oben), und mit vollem Recht. Hier wechseln normale langgezogene Mulden („combes“) und Antiklinalen in sehr regelmäßiger Weise. Gegen Süden und Südosten, gegen das Molasseland zu, findet ein ziemlich steiler Absturz statt, während nach außen Bergformen und Falten flacher werden. Diese gehen allmählich in Flexuren über, die schließlich verschwinden, und der Kettenjura verflacht sich nach außen zum Plateaujura. Eine der merkwürdigsten Erscheinungen des Juragebirges bilden die Überschiebungen, die unter dem stauenden Einfluß der alten Massen des Schwarzwaldes und der Vogesen entstanden sind. Wie schon Band I (S. 358) bemerkt worden ist, breiten sich unmittelbar am Fuße der alten Gebirgskerne flachgelagerte oder schwach gegen Süden geneigte Juraschollen aus, die unter dem schützenden Einfluß der darunter liegenden starren kristallinischen Masse der Faltung entrückt waren. Erst weiter südlich war die Möglichkeit zur Entstehung von Faltungen gegeben, nach der Lage der kristallinischen Massen in ostwestlicher Richtung. Die bedeutendste dieser Ketten beginnt in den Montagnes du Laumont, streicht über den Mont Terrible bei Delemont bis zur Lägernkette bei Baden, am Ostende des Kettenjura. Der östliche Abschnitt dieser Kette ist nun, durch das Widerlager der alten Massen im Norden in der Tiefe gestaut, in der oberen Partie so intensiv gefaltet worden, daß die mannigfaltig gestörten Ablagerungen der Trias über Jura und Tertiär hinübergeschoben wurden. Noch in einer anderen Beziehung ist das Juragebirge interessant: obwohl tektonisch ein Teil des Alpensystems, haben doch seine Ablagerungen nur zum geringsten Teil alpinen Typus. Besonders gilt dies von der Triasformation, daneben aber auch vom Jura, namentlich von den Bildungen an seiner oberen Grenze.

Wir kehren zum Hauptstamm der Alpen zurück. In dem ganzen Zuge der sedimentären Bildungen am Außenrande der Montblanc-Zone herrscht intensive Faltung, die sich namentlich an der Finsteraarhornmasse in keilförmigen Einfaltungen der vorwiegend kalkigen Sedimentgesteine in Gneis und umgekehrt und in der Marmorisierung des Kalksteins extrem kundgibt (s. Abbildungen, Band I, S. 346 und 348). In der östlichen Fortsetzung der Finsteraarhornmasse liegen die Glarner Alpen: wiederum ein durch wahrhaft großartige Störungen ausgezeichnetes Gebiet. Eine stark gefaltete, breite Mulde eocäner Schiefergesteine ist hier von Süden her durch den Aufbruch älterer Gesteine überdeckt, und eine ähnliche Überlagerung des Eocäns durch ältere Gesteine findet von Norden her statt. Auch diese nördliche Decke wurde als Überfaltung gedeutet, wobei der Mittelschenkel des nördlichen Sattels durch die Gewalt der Bewegung förmlich ausgewalzt und gänzlich reduziert sein sollte. Bei dieser Doppelfalte seien also die geologisch jungen Eocängesteine der Muldenmitte im Norden wie im Süden durch schiefe, in entgegengesetztem Sinne überfaltete Sättel förmlich überwallt worden. Hinsichtlich des Nordflügels aber neigt man jetzt zu einer etwas abweichenden Deutung, indem eine völlige Überschiebung der Eocänschiefer durch die älteren Gesteine an einer flachen Überschiebungsebene von fast 16 km

Digitized by Google

Breite vorausgesetzt wird, und in der That scheinen die neueren Beobachtungen im Glarner Hochgebirge (s. untenstehende Abbildung) diese Ansicht wesentlich zu stützen. Übrigens ist der Unterschied beider Deutungen in gewisser Beziehung nicht so groß, als es auf den ersten Blick scheinen möchte: jedenfalls haben hier gewaltige Bewegungen der obersten Krustenteile ungefähr in horizontaler, aber einander gerade entgegengesetzter Richtung, einerseits von Süden nach Norden, anderseits von Norden nach Süden stattgefunden.

Zwischen dem Molasseland im Norden und dem hochalpinen Sedimentärgürtel der Montblanc-Zone im Süden tritt in den Westalpen eine selbständige „voralpine" Gebirgszone auf, die an der Arve beginnt, die Voirons, die Ketten des Chablais und der Freiburger Alpen umfaßt und sich von da in abnehmender Breite bis an den Rhein verfolgen läßt. Flyschschiefer und Sandsteine nehmen an der Zusammensetzung wesentlichen Anteil; namentlich aber fällt es auf,



Glarner Doppelfalte, die Mannen oder Apostel. (Nach Photographie.)

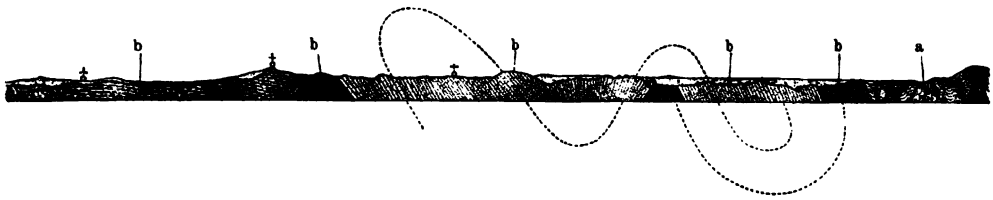
daß die mesozoischen Ablagerungen dieser voralpinen Zone eine andere Facies erkennen lassen als im hochalpinen Gürtel. Die einzelnen Ketten im Norden dieser voralpinen Zone haben eine bogenförmige Gestalt: sie wenden die konvexe Seite der Krümmung nach außen, gegen Nordwesten; und wenn man die Lagerungsverhältnisse untersucht, so findet man, daß hier auf einer 120 km langen Strecke von der Arve bis zum Rhein bald Trias-Dolomit, bald Rät, Lias oder Jura auf alttertiärem Flysch aufruhen. Die mesozoischen Gesteine bilden gesprengte Gewölbe, deren Hangendes weithin über den Flysch geschoben wurde. Im südlichen Teil der Voralpen nehmen die Flyschbildungen überhand; in gewissen Strichen enthalten sie große Mengen von fremdartigen Gesteinen, und zwar bald als Bestandteile des Sandsteins, bald als einzelne große Blöcke, bald als Breccien. Manche unter diesen „exotischen" Gesteinen sind den Alpen fremd, besonders die Granite. Daher wurde, weil die Annahme einer Einfuhr durch Eis bald widerlegt war, der Bestand eines Gesteinswalles angenommen, durch dessen Zerstörung die Blöcke geliefert worden sein sollten. Später wurden große Granitinseln im Flysch von Tanninges in Savoyen entdeckt, die man als Reste dieses unter der Einwirkung der Brandung des Tertiärmeeres verschwundenen Gesteinswalles (des „Vindelicischen Gebirges" nach W. v. Gümbel) betrachten durfte. Andere Blöcke stimmen so sehr mit den in der Nähe anstehenden mesozoischen

Digitized by Google

Gesteinen überein, daß man folgerichtig schloß, es hätten die mesozoischen Gesteine schon in alttertiärer Zeit Inseln im damaligen Meere gebildet und Strandgerölle geliefert.

Noch eine andere bemerkenswerte Erscheinung dieser Zone steht mit den exotischen Blöcken in einem gewissen Zusammenhang: eine fast geschlossene Reihe von Klippen mesozoischer Gesteine, die aus dem geologisch jüngeren Flysch auftauchen, wie wenn sie die Spitzen eines älteren, versunkenen und von Flysch eingehüllten Gebirges wären. So deutete man auch zumeist diese „Klippen" der Schweizer Voralpen in der Simmenthaler Kette, in den Giswyler Stöcken, im Stanzer und Buochser Horn und in der Gegend von Iberg. Die Übereinstimmung der meisten exotischen Blöcke (ausgenommen die Granite) mit den Gesteinen der Klippen mußte natürlich dieser Auffassung wesentlich Vorschub leisten. Trotzdem hat in neuerer Zeit eine andere Deutung, die nämlich, in den Klippen das Ergebnis einer Überschiebung zu erblicken, viel Anklang gefunden; ob mit Recht, müssen wir unentschieden lassen, da über die Art und Herkunft dieser Überschiebung bisher kein Einklang erzielt ist.

Wir gelangen nun an das Molasseland (vgl. S. 370) am Nordrande der Alpen. In der Schweiz spielen hier neben Schieferthonen und Sandsteinen eigentümliche Konglomerate, die



Die Molassenzone nördlich von Unterammergau (Bayern): a) Flysch, b) Molasse. (Nach v. Gümbel.)

„Nagelfluh", eine bedeutende Rolle und schwellen zu ungewöhnlicher Mächtigkeit an. Auch diese oberoligocänen und miocänen Gesteine wurden von der nordwärts drängenden Bewegung der alpinen Gebirgsbildung ergriffen, hier entstanden zwei oder drei schiefe Falten, „die Antiklinale der Molasse", und der geologisch ältere Flysch ist auch hier wiederum über die gesunkene Molasse nach Norden überschoben. Die energische Faltung dieser Zone zusammen mit der bedeutenden Mächtigkeit der Molasse in der Schweiz hatte zur Folge, daß hier sehr ansehnliche Berge, wie der 1800 m hohe Rigi und der Speer, entstehen konnten. Wenn man aber die Molasse weiter nach Osten verfolgt, nimmt die Höhe der Berge ab: über 1000 m dürfte sich kein Gipfel dieser Zone in den Ostalpen erheben, weil die Gesteinsmächtigkeit geringer und die Faltung weniger energisch ist. Im Wesen aber ist die Erscheinung dieselbe: auch in den Ostalpen sind die Schieferthone, Sandsteine und Konglomerate der Molasse am Alpenrande gefaltet, von Flysch überschoben und lagern sich weiter gegen Norden, vom Gebirgsrande entfernt, allmählich flacher (s. obenstehende Abbildung). Obwohl die geringere Höhe der Molasseberge sowie die häufig mächtige Überdeckung mit pleistocänen Schottern verschiedener Art die Beobachtung der Antiklinale der Molasse in den Ostalpen erschweren, so darf doch darüber kein Zweifel bestehen, daß diese Zone ununterbrochen als ein einheitliches Band von Chambéry im Westen bis in die Gegend von Wien verfolgbar ist.

Eine zweite Zone, die sich, abgesehen von gewissen Veränderungen, ununterbrochen aus dem Westen nach Osten erstreckt, bilden die Voralpen. Die Gesteine des Sentis überschreiten den Rhein und setzen im Bregenzer Wald ein den Schweizer Ketten vollkommen analoges, hauptsächlich aus Kreideformation bestehendes Gebirge zusammen. Der Flysch, der in der Schweiz durch ältere Ketten in viele Streifen zerlegt war, tritt hier in geschlossenerer Zone hervor; weiter östlich verschwinden die älteren Inseln immer mehr, und endlich zieht der alttertiäre und obercretacische

Digitized by Google

Flysch oder Wiener Sandstein als ein festes Band bis an das Ostende der Alpen bei Wien. In den Westalpen besteht das nach innen folgende Gebirgsglied aus den Zentralmassen der Montblanc-Zone; diese verschwindet nach Osten mit dem Finsteraarhorn- und Gotthardmassiv vollständig, und weiter östlich existiert nichts, was sich als Fortsetzung dieser Zone ansehen oder ihr an die Seite stellen ließe. Wie verhält sich nun die nördliche Kalkzone und die kristallinische Zentralzone der Ostalpen zu den Gebirgszügen der Westalpen, und wie vollzieht sich der Übergang aus den West- in die Ostalpen in diesem Teile des Gebirges?

Die auffallendste Erscheinung der ostalpinen Kalkzone bilden die mächtigen Kalk- und Dolomitmassen der Triasformation. Sie bedingen ausgedehnte Hochplateaus und beeinflussen so sehr die ganze landschaftliche und topographische Gestaltung der Alpen, daß man ihre Grenze, die Rheinlinie, mit der übrigens auch andere geologische Veränderungen ungefähr zusammenfallen, als die Hauptscheidegrenze des Alpenstammes betrachtet und hierauf die Einteilung in Ost- und Westalpen nach dem Vorgang von Mojsisovics begründet. Diese ostalpinen Triaskalke erscheinen zuerst östlich vom Rhein im Rätikon, und ihre östliche Fortsetzung nimmt in den Lechthaler Alpen das regelmäßige ostalpine Streichen nach Osten oder Ostnordosten an. Nahe der Rheinlinie dagegen lenken die Kalkketten des Rätikon um die nordwestliche Ecke der Silvrettamasse im rechten Winkel nach Süden ein. Hier ist nun ihrem weiteren Verlauf nach Süden durch den großen Einsturzkessel des Prättigau vorderhand ein Ziel gesteckt; aber jenseit dieses inneralpinen Bruch- und Senkungsfeldes, das mit Flyschbildungen erfüllt ist, setzen die Kalkketten von neuem mit ungefähr meridionalem Streichen an und bilden die Oberhalbsteiner Alpen. Wie diese Kalkketten, so verläuft auch die kristallinische Adula-Masse, an die sich jene anlehnen, fast meridional. Das Adula-System und die Oberhalbsteiner Alpen im Gebiete des Hinterrheins sind nach einheitlichem Plan gebaut. Parallele Störungslinien zerlegen das Gebirge in schmale Schollen, von denen jede einzelne über die nach Westen anschließende geschoben ist. So grenzt das Adula-System mit einer durch die Nordsüdlinie beherrschten Tektonik im Val Blegno an die fast ostwestlich streichende Tessiner Masse des Monte Rosa an. Und wenn nun auch die kristallinische Masse der Adula, die nach Nordosten schwenkende Silvretta- und die Livigno-Masse als materielle Fortsetzung des Tessiner Massivs und der kristallinischen Zone des Monte Rosa betrachtet werden dürfen, so sind doch diese meridional und nordöstlich streichenden Ketten tektonisch unabhängig von den Westalpen: sie bilden den Beginn der Ostalpen. Ähnlich verhält es sich mit den Triaskalken. Auch diese treten ja in eine gewisse räumliche Beziehung zu der östlichen Fortsetzung der Sedimentärzone des Briançonnais oder der inneren hochalpinen Sedimentärzone. Die Triaskalke dieses westalpinen Gebirgsgürtels sind viel stärker entwickelt, als man früher angenommen hat, und stimmen völlig mit gewissen ostalpinen Triaskalken und Dolomiten überein, im Gegensatz zu den Triasbildungen am Rande der Montblanc-Zone, die sich in ihrer äußerst dürftigen Mächtigkeit anders als die ostalpinen entwickelt haben. In diesem Sinne dürfen wir die ostalpine Kalkzone mit ihren mächtigen Triaskalkmassen als Fortsetzung des Briançonnais ansehen, trotz ihrer tektonischen Unabhängigkeit.

Südlich vom Adula-Massiv gelangen wir im Thale des Tessin zu einer schmalen Zone steil gestellter Hornblendegneise und -Schiefer, die, gegen Südwesten streichend, bei Ivrea die piemontesische Ebene erreicht. Dann folgt gegen Süden abermals eine Zone von Granit, Gneis und anderen kristallinen Schiefergesteinen: das Seengebirge oder Massiv der Vier Seen (Lago d'Orta, Lago Maggiore, Lago di Lugano, Lago di Como), und endlich die südliche Kalkzone. Da sich nun das Seengebirge unmittelbar in der kristallinischen Zone des Veltlin fortsetzt, diese aber den Ostalpen angehört, da ferner die Kalkkette am Südsaume des Seengebirges den Beginn der großen südlichen Kalkzone der Ostalpen bildet, so dürfen wir die westliche Grenze der Ostalpen,

Digitized by Google

die wir von Norden her bis zum Adula-Massiv verfolgt haben, von da ab mit K. Diener an den Amphibolit-Zug von Ivrea verlegen, der das Massiv der Vier Seen gegen Westen, gegen die kristalline Zone des Monte Rosa, deutlich abscheidet.

Die kristalline Zentralachse oder die Urgebirgszone der Ostalpen besteht also an ihrem Anfang aus zwei Hauptgliedern, dem südlichen Gürtel des Seengebirges und des Veltlin und einem viel mächtigeren nördlichen Gürtel, der selbst wieder in zwei Zonen zerfällt. Von diesen setzt die eine im Adula-Massiv mit ungefähr meridionalem Streichen ein, schwenkt, von Kalkzügen begleitet, gegen Nordosten ab und nimmt endlich im Silvretta-Massiv, wie wir schon bemerkt haben, eine östlichere Richtung an. Die andere, die aus der ostwestlich streichenden Bernina-Masse und den kleineren Kernen der Livigno-Alpen besteht, schließt unmittelbar östlich an die Adula-Masse an, zieht im weiteren Verlauf ebenfalls nach Nordosten und geht endlich in das mächtige Massiv der Ötzthaler Alpen über. Diese beiden Gürtel schmiegen sich erst eng aneinander an, gehen dann aber weiter auseinander. Die dadurch gegebene Mulde ist im Engadin und im ganzen Innthal bis oberhalb Landeck mit mesozoischen Bildungen erfüllt. Diese triadische und jurassische Auflagerung erscheint in mehrere nach Nordosten streichende Falten gelegt, dehnt sich aber auch in breiter Decke ostsüdöstlich bis an den Ortler aus und tritt anderseits auch nach Westen um den Südrand der Silvretta-Masse mit den Kalkzügen der Oberhalbsteiner Alpen in Verbindung, und zwar durch die schmale Partie von rätischen und liassischen Schichten auf der Höhe des Albula-Passes. Außerdem haben sich noch einige kleinere Partien von mesozoischen Kalken auf dem Urgebirge der Silvretta- und der Bernina-Zone da erhalten, wo sie in Mulden oder Grabenbrüchen von der Denudation verschont geblieben sind, wie am Piz Alv. Der südliche Gürtel des Seengebirges und des Veltlin streicht bis zu dem intrusiven Tonalitstock des Adamello westöstlich, biegt hier gegen Nordnordosten um und nimmt jenseits von Meran die ostwestliche Richtung an, so daß also die gesamte Urgebirgszone der Ostalpen, mit ihr die nördliche und, wie wir sehen werden, auch die südliche Kalkzone, an ihrem Beginn einen sigmoiden Vorschub gegen Norden erkennen lassen. Östlich vom Brenner streicht die Urgebirgszone der Ostalpen als einheitliches Band geradlinig nach Osten, wird allmählich breiter und zugleich niedriger und geht schließlich in zwei voneinander wegstrebenden Ästen, den Niederen Tauern und Mürzthaler Alpen im Norden und den Norischen Alpen im Süden, zu Ende. Im Winkel dieser beiden Äste liegt am Ostrande der Alpen die große Silur- und Devonmulde der Grazer Bucht, deren devonische Schichten sich durch mehrfache Anklänge an den rheinischen Typus des Devons auszeichnen. Hier erreichen im Kainacher Kessel auch die Gosaubildungen der Oberkreide die Zentralzone, während ihr Auftreten sonst auf die Kalkzone beschränkt ist. Der südliche Ast trägt Auflagerungen karbonischer Schichten mit Pflanzenresten und Anthracitflözen namentlich am Eisenhut und an der Stangalpe.

Im westlichen Abschnitte der Tauernkette treten aus dem Verbande der mannigfaltigen kristallinen Gesteine drei geologische Gruppen deutlich hervor: granitische Kernmassen sind von Gneis und Glimmerschiefer mantelförmig umhüllt, und an diese legen sich im Norden und Süden teils verschiedenartige Phyllite, teils eine wechselvolle Reihe von Schiefergesteinen (Hornblende-, Talk-, Chlorit-, Kalkglimmerschiefer 2c.; Sturs „Schieferhülle") mit Lagermassen von Serpentin und körnigem Kalk an. Bald bilden die Granite den Kern weitgespannter, kuppelförmiger Antiklinalen, bald kommt es zu südwärts gerichteten Überschiebungen der ganzen Masse. Im östlichen Tauernzuge nehmen die granitischen Kernmassen eine etwas schieferige Beschaffenheit (Zentralgneis) an. An der Grenze zwischen den granitischen Kernen und der Gneishülle treten in dieser einzelne Granitlager oder auch echte Granitgänge auf; man erblickt in diesen Kernen laccolithische oder batholithische Intrusionen.

Digitized by Google

Wir betrachten nun die jüngeren gefalteten Gürtel im Norden und Süden der Zentralzone. Über die Molassezone am äußersten Nordsaum haben wir oben einige Bemerkungen eingeflochten, mit denen wir uns begnügen können. Südwärts folgt die Flyschzone. Die Kreidewellen dieses Gürtels, die aus der Schweiz nach Osten streichen und die Rheinlinie überschreiten, verschwinden im Bregenzer Wald und am Grünten. Hier drängt die immer breiter vortretende Kalkzone der Ostalpen die Falten der Flyschzone weit nach Norden vor; hier, bei Hindelang an der Grenze der Kalk- und Flyschzone, kommt auch der von Gümbel beschriebene Aufbruch kristallinischer Gesteine vor, ein Seitenstück zu dem Granit von Tanninges in Savoyen. Die Breite der dortigen Flyschzone ist so stark reduziert, daß sie kein orographisch selbständiges Gebirgsglied bildet. In steile Falten zusammengeschoben, fallen die Schichten des alttertiären und obercretacischen Flysch steil südlich unter die Bildungen der Kalkzone ein, die Kontaktfläche selbst aber ist eine ausgezeichnete, durch die ganze Ausdehnung des Gebirges verfolgbare Längsbruchfläche. In derselben Weise, wie sich der Flysch über die Molasse nach Norden schiebt, überwältigen auch die Kalkfalten den gefalteten und an dem Längsbruch abgesunkenen Flyschgürtel. In der Gegend von Salzburg ist die Flyschzone gänzlich versenkt: ein seltenes Beispiel eines Einbruches am Außenrand einer gefalteten Kette. Jenseit der Salzach aber breitet sich Flysch auf weiterer Fläche aus; die Schichten, die hier vorwiegend der Oberkreide angehören, wenden sich etwas mehr nach Nordosten. Diese Richtung herrscht bis an das Ostende der Alpen. Die Breite der Flyschzone schwillt bis zu 20 km an; und die meist reichbewaldeten, gerundeten und die Höhe von 1000 m selten übersteigenden Bergzüge bilden nun auch orographisch ein wichtiges Glied der Voralpen. Die Grenzlinie gegen die Kalkzone hat auch hier dieselbe Bedeutung wie weiter westlich. Ein Unterschied im geologischen Bau ist nur insofern vorhanden, als hier die Sandsteine und Schiefer in regelmäßiger Folge fast ausschließlich gegen Süden und Südosten einfallen. Man erklärt dies damit, die obercretacisch-alttertiäre Schichtreihe sei in wiederholte schiefe Falten gelegt, die zum Teil durch Längsbrüche in eine Anzahl paralleler, übereinander geschobener Streifen, Schuppen, zerlegt werde.

In der nördlichen Kalkzone der Ostalpen spielen Triasablagerungen unbedingt die erste Rolle. Über ihnen folgen in gleichmäßiger, ununterbrochener Lagerung Jura- und Unterkreidebildungen; und räumlich herrschen trotz allen Wechsels der Hauptsache nach gegen den Flysch zu jüngere, gegen Süden ältere Schichten vor. In Nordtirol stellt sich die Kalkzone im allgemeinen als eine Folge von Mulden und Sätteln dar, die häufig von gewaltigen Längsbrüchen, auch von Querbrüchen und Verschiebungen durchzogen wird. Den einzelnen Falten entsprechen wildgezackte Kalkketten, wie die Miminger Kette, der Wetterstein mit der Zugspitze, das Karwändelgebirge und das Kaisergebirge. Im Vergleich zu den Westalpen nimmt schon in Tirol die Faltungsenergie ab, Brüche treten vor; noch mehr aber in den östlichen Teilen der nordalpinen Kalkzone. Zugleich scheidet sich in dem Gebirgsabschnitt zwischen dem Inn, der die ganze Breite der Kalkzone in einem weiten Thale durchschneidet, und der Salzach die Kalkzone in einen nördlichen und einen südlichen Streifen. In diesem herrscht vorwiegend flache Lagerung. Hier entstanden in der Triaszeit auf weiten Flächen mächtige, bald geschichtete, bald massige Riffe kalkig-dolomitischer Natur (vgl. S. 197), die sich auch noch in Lias und Jura, dabei oft so gleichmäßig fortbildeten, daß man nicht immer im stande ist, diese Formationen in den Kalkmassen streng zu begrenzen. Diese starren und überaus mächtigen Rifkalke wurden von der Faltung nur wenig betroffen, dagegen von gewaltigen Brüchen durchschnitten. An die Stelle der langgezogenen, zugeschärften Kämme der nordtiroler Kalkalpen treten breitmassige Kalkhochplateaus und erheben sich mit steilen Wänden über den Werfener Schiefern der Untertrias, die in den Tiefenfurchen, meist an Längsbrüchen auftauchen. Verkarstete Steinwüsteneien von

Digitized by Google

schauerlicher Öde bilden die Oberfläche dieser riesigen Kalkklötze. Regellos wechseln flache tellerartige Mulden und niedrige wellenförmige Erhöhungen. Da und dort entstehen wie in Karstgebieten Schluchten und brunnenartige Schlünde. Alles Gestein ist mit Karren bedeckt. Das Steinerne Meer, die Übergossene Alm, das Hagengebirge, das Tennengebirge, der Dachstein, das Tote Gebirge, die Ennsthaler Kalkalpen sind die bekanntesten dieser von der Salzach und der Enns in tiefen engen Schluchten, dem Paß Lueg und dem Gesäuse, durchschnittenen Kalkhochplateaus, die mit der Raxalpe und dem Schneeberg südlich von Wien das Ostende der Alpen erreichen. Ist auch in dieser Zone eine scharfe Aufrichtung nicht vorhanden, so fallen doch im allgemeinen die Kalkplatten gegen Norden deutlich ein, d. h. von der Zentralkette gegen den Außenrand. Dadurch setzt sich dieser südliche Gürtel der nördlichen Kalkzone der Ostalpen in einen auffallenden Gegensatz zu dem nördlichen, in dem ebenso wie in der Flyschzone das Einfallen der Schichten gegen Süden als Regel gilt. Auch die Faciesverhältnisse der Trias- und Juraablagerungen sind zum Teil verschieden, und die Mächtigkeit der Schichten nimmt ab. Die Grenze dieser beiden Gürtel der Kalkalpen fällt nach A. Bittner mit der ausgezeichneten Längsstörungslinie Buchberg — Mariazell — Windischgarsten zusammen, an der die unterste Trias, Werfener Schiefer, derart an die Oberfläche tritt, daß die jüngeren, triadischen und jurassischen Schichten von Norden und von Süden unter die älteren Werfener Schiefer der Störungslinie einzufallen scheinen. Es ist dies also die Linie der größten Zertrümmerung des Kalkgebirges. Für die Geschichte der alpinen Faltungen ist der Umstand von Bedeutung, daß eine Reihe ausgedehnter Vorkommnisse von Gosau-Schichten innerhalb dieser Störungszone unmittelbar auf Werfener Schiefer aufruht: ein Beweis, daß das Kalkgebirge schon zur Zeit der Oberkreide den tektonischen Bau von heute angenommen hatte.

Auch im Nordgürtel des Kalkgebirges ist die Zerstückelung durch Quer-, namentlich aber durch Längsbrüche sehr weit gediehen, so weit, daß die einzelnen Streifen selten volle Falten, sondern vorwiegend nur einseitige Schichtfolgen bilden. Wo sich diese regelmäßig wiederholen und nach derselben Richtung, nach Süden, einfallen, entsteht Schuppenstruktur, wie dies von A. Bittner in den niederösterreichischen Kalkalpen, namentlich dort, wo die Alpen schon die nordöstliche Richtung der Karpathen angenommen haben, klar erkannt worden ist. Man faßt diese einseitigen Wiederholungen der Schichtfolge als die übereinander geschobenen Hangendflügel schiefer oder liegender Falten auf, deren Liegendflügel zerrissen wurden.

Im Süden schließt sich an die Kalkzone die Grauwackenzone an, ein Gürtel paläozoischer Schiefer, Sandsteine und Grauwacken mit untergeordneten Kalk- und Dolomitlagern, der im Gegensatz zu dem schroffen, zackigen Charakter der Kalkalpen durch gerundete und sanfte Formen auffällt. Obwohl in Steiermark und Salzburg mehrere silurische, devonische und carbonische Horizonte in diesen Schichten durch Versteinerungen festgestellt sind, so ist man doch bei der außerordentlichen Seltenheit der Versteinerungen von einer durchgreifenden Gliederung noch weit entfernt. Übrigens ist hier ein großer Teil der Sedimente kristallin geworden: die Ablagerungen der Kohlenformation haben sich in sericitische Gneise, Glimmerschiefer und Phyllite, Kohlen in Graphit umgewandelt, was am Semmering, in der Gegend von Bruck in Obersteiermark und am Steinacher Joch in Tirol durch Pflanzenreste bestimmt nachgewiesen ist. Aber auch dort, wo noch keine Versteinerungen gefunden sind, dürften die Kalkphyllite, Quarzphyllite, die Thonschiefer, Thonglimmerschiefer und Dolomitlager dieser durch Erzreichtum ausgezeichneten Zone hauptsächlich der Kohlenformation, zum kleineren Teil auch älteren paläozoischen Formationen angehören. Eine strenge Gliederung nach Altersstufen ist aber vorläufig ebensowenig durchführbar wie bei der westlichen Fortsetzung dieser Gebilde, den Bündner Schiefern der Ostschweiz und den Glanzschiefern des Briançonnais. Ja, bei diesen westalpinen Bildungen ist die Unterscheidung

Digitized by Google

noch schwieriger, weil hier auch jüngere Schichtgruppen ganz ähnlich entwickelt sind: die Glanzschiefer enthalten einen triadischen, die Bündner Schiefer außerdem noch einen liassischen Anteil. Natürlich ist deshalb auch die Entzifferung des geologischen Baues schwierig. Trotzdem hat man erkannt, daß die Schichten in steile Falten gelegt sind und im allgemeinen ein Abfallen von der kristallinischen Zone gegen Norden stattfindet.

Der Gegensatz zwischen den harten, widerstandskräftigen Gesteinen der Kalkzone und den weicheren Schichten südlich davon kommt nicht nur in den Bergformen zum Ausdruck, er gibt auch Veranlassung zu einer eigentümlichen Anordnung der Wasserläufe und zu charakteristischer Thalbildung. Fast durch die ganzen Ostalpen verläuft ein Zug ostwestlich gerichteter, breiter und tiefer Längsthäler, die teils genau auf der Südgrenze der Kalkzone, teils in deren unmittelbarer Nähe liegen: in Steiermark das Mürzthal, das Murthal von Bruck bis Leoben und die tiefe Depression, die vom Murthal zum Ennsthal bei Rottenmann zieht, das Ennsthal bis Radstadt. In gleicher Weise folgt das Innthal auf der langen Strecke von Schwaz bis Landeck genau der Südgrenze der Kalkzone, und dieselbe Lage hat in den Südalpen ein großer Teil des Pusterthales. Die Gesteine der Permformation, meistens rote Konglomerate, Schiefer und Sandsteine, in Nordtirol auch verrucano-artige Quarzsericitbreccien und Quarzsericitphyllite, liegen diskordant und transgredierend auf den Bildungen der Grauwackenzone, stehen dagegen in vollkommener Konkordanz mit den darauffolgenden mesozoischen Schichtgruppen der Kalkzone.

Das Vorkommen mesozoischer Ablagerungen schneidet übrigens mit der südlichen Grenze der Kalkzone nicht vollständig ab. An mehreren Stellen liegen größere oder kleinere Schollen auf der kristallinischen Zentralkette und auf kristallinen paläozoischen Schiefern, haben hier in der Regel eine Veränderung erlitten und mehr oder weniger Anlage zu kristallinischer Struktur. Weitaus das wichtigste dieser Vorkommnisse stellen die „Radstadter Tauern-Gebilde" dar, triadische Ablagerungen von stark kristallinischer Beschaffenheit, stellenweise mit Spuren von Versteinerungen, die südlich von Radstadt einen großen Flächenraum bedecken. Andere, kleinere Vorkommnisse triadischer und liassischer Auflagerungen finden sich in den Stubaier Alpen südlich und südwestlich von Innsbruck und an einigen anderen Punkten.

In den Westalpen zeichnen sich ähnliche mesozoische Schollen (vgl. Band I, S. 363) auf den kristallinischen Zonen durch flache Auflagerung aus, so daß man zu der Annahme gedrängt wird, es hätten in nachmesozoischer Zeit keine faltenden Bewegungen stattgefunden. Anders bei den bisher näher untersuchten Vorkommnissen der Ostalpen. Ein schmaler Streifen von Triasdolomit zwischen Mauls und Weissenbach auf der Südseite des Brennerpasses ist nach G. Stache und F. Teller in Form einer nach Süden überschobenen schiefen Mulde dem paläozoischen Quarzphyllit eingefaltet; und an den Triasschollen südlich von Innsbruck beobachteten F. Frech und F. Sueß bedeutende, nach Norden gerichtete Überschiebungen. Auch hier ist aber die transgressive Auflagerung der permisch-mesozoischen Schichtfolge auf dem älteren Gebirge nachweisbar. Nach F. Teller ist sogar anzunehmen, daß diese jüngere Schichtfolge in ihrer räumlichen Verbreitung schon ursprünglich von älteren tektonischen Linien, Längsbrüchen oder tiefer eingesenkten Faltenmulden beeinflußt und von einem vorher gebildeten tektonischen Relief abhängig war. Die späteren Einfaltungen, Überkippungen und Überschiebungen der transgredierenden jüngeren Schichtreihe gingen nach demselben Grundplan vor sich wie die älteren Faltungen.

Die Verfolgung der mesozoischen Kalkschollen der geschlossenen Zentralzone hat uns den *südlichen Kalkalpen* genähert. Das Auftreten einer breiten Zone von mesozoischen Kalkbildungen am Südrande des Urgebirges hat hauptsächlich die Lehre vom *symmetrischen Bau der Ostalpen* hervorgerufen. Daran wurde die Vorstellung (vgl. Bd. I, S. 355) geknüpft, es hätten die Zentralmassen der Alpen beim Aufsteigen aus den Tiefen der Erde die Kalkbildungen

Digitized by Google

zu beiden Seiten weggeschoben und in Falten gelegt. Diese Vorstellung mußte mit dem Fortschritt der Wissenschaft verlassen werden und lebte nur noch insoweit auf, als gewisse Kernmassen der Zentralalpen für Laccolithen gehalten werden. Obwohl man über das Wesen der Gebirgsfaltung zu anderen Anschauungen geführt wurde, hat doch die Frage des symmetrischen Baues der Ostalpen ihr Interesse nicht eingebüßt. Der Eindruck, den schon ein flüchtiger Blick auf eine geologische Karte der Alpen (bei S. 488) hinterläßt, spricht zu gunsten des symmetrischen Baues, und selbst bei näherer Betrachtung finden sich unverkennbare Analogien. Fallen die Kalkmassen der Nordalpen vom Urgebirge zunächst nach Norden ab, so legen sich auf der Südseite ähnliche Kalkdecken mit schwacher Neigung nach Süden an. Den nordwärts gerichteten Überschiebungen und Faltungen der Nordalpen entsprechen solche nach Süden oder Südosten in den südlichen Kalkalpen. Allerdings werden diese Erscheinungen in den Südalpen nicht von allen Beobachtern als echte Faltungen anerkannt: gerade einer der kompetentesten Beurteiler, E. Sueß, möchte darin Absenkungen, Flexuren, erblicken. „Ich bezeichne diese Störungen", sagt Sueß, „als Flexuren, obwohl sie sich alle von dem einfachen Typus der stufenförmigen Flexur durch zwei Merkmale unterscheiden, nämlich dadurch, daß der Hangendflügel überbogen oder überkippt ist, und daß der liegende Gebirgsteil eine wenn auch flache Neigung in entgegengesetzter Richtung hat. Hierdurch erhalten diese Störungen das Aussehen von sehr oberflächlichen schiefen Falten, aber es muß wohl jede Flexur diese Abänderung erfahren, wenn zugleich mit der Senkung eine horizontale Bewegung nach der Richtung der Senkung stattfindet."

Mag auch die Natur jener südalpinen Falten fraglich sein, über andere tiefgreifende Unterschiede zwischen Nord- und Südalpen kann kein Zweifel bestehen. So treten in den südlichen Kalkalpen mitten aus den mesozoischen Bildungen Aufbrüche von Quarzphyllit und anderen halbkristallinen, der paläozoischen Periode angehörigen Gesteinen auf, wie solche den Nordalpen vollständig fremd sind. Ein solcher Aufbruch liegt zwischen dem Nordende des Iseo-Sees und dem Idro-See; dann folgt der mächtige, von Granit durchsetzte Aufbruch der Cima d'Asta, östlich von Trient, die Insel von Quarzphyllit in der Tiefe des Thales von Recoaro, die kleineren Inseln von Lorenzago bei Pieve di Cadore, endlich der langgestreckte Zug der karnischen Hauptkette und der Karawanken. Eine zweite Thatsache von Bedeutung ist die verschiedene Verteilung der Eruptivgesteine, die im Norden fast gänzlich fehlen, im Süden dagegen fast in allen Perioden weithin an die Oberfläche gelangt sind oder als Laccolithen gefördert wurden. Aus altpermischer Zeit stammen die große Quarzporphyrdecke von Bozen, die porphyrischen Ergüsse am Luganer See und am See von Orta und die zahllosen kleineren Gänge von Porphyr, die über die ganze südliche Kalkzone verstreut sind. In der Trias, vielleicht auch später wurden hauptsächlich basische Ergüsse, deren Ausbruchsstelle in dem mächtigen granitischen und dioritischen Eruptivstock von Predazzo (vgl. Bd. I, S. 276) erkannt ist, in Form von Tuff und Lavadecken namentlich der Trias von Südosttirol eingeschaltet. Noch großartiger ist die ganz analoge Masse von Tonalit, einer quarzreichen Abänderung von Diorit, und Granit, die den Rè di Castello, den Adamello und die Presanella zwischen Val di Sole, Valle Camonica und Judikarien zusammensetzt, und in der Richtung der sigmoiden Beugung der Ostalpen an ihrem Beginne nach Nordosten abgewichen ist. Der Aufbruch dieses gewaltigen Stockes von Tiefengesteinen erfolgte in obertriadischer oder nachtriadischer Zeit. Denn da, wo an der südöstlichen Begrenzung Triaskalkstein vom Tonalit durchbrochen wird, ist der Kalkstein weithin in Marmor umgewandelt und mit allen den Silikatmineralen bereichert, die sich in Predazzo oder an den Kontaktblöcken der Somma (vgl. Bd. I, S. 166) als untrüglicher Beweis vulkanischen Einflusses auf das sedimentäre Nebengestein einstellen. Damit ist das verhältnismäßig jugendliche Alter und die intrusive Natur dieser riesigen Masse dargethan. Wahrscheinlich ist der Tonalit nicht bis an die Oberfläche

Digitized by Google

gelangt, sondern als Laccolith in der Kruste geblieben: während z. B. in der Umgebung des sonst so ähnlichen Stockes von Predazzo echte vulkanische Ausbruchsgesteine, Tuffe, Lavadecken, in großer Ausdehnung vorkommen, ist an dem viel größeren Adamello nichts derartiges bekannt. Auch sind Geschiebe von Tonalit in vorpleistocänen Konglomeraten niemals gefunden worden.

Von Intrusivbildungen sind ferner noch zu nennen: der Granitzug von Meran und Brunneck, der Granit der Cima d' Asta, die dioritischen, von einer mineralreichen Kontaktzone umgebenen Laccolithen von Klausen. Diese letzten sind von höherem, vorpermischem, geologischem Alter, weil sich Gerölle dieses Diorits in den permischen Konglomeraten unter dem Porphyr finden. An viel jüngeren Eruptivgesteinen fehlt es aber auch nicht. Aus der Tertiärzeit stammen die basaltischen Ergüsse des Vicentinischen und die Trachyte der Euganeen (vgl. Bd. I, S. 271).

Da nun zu diesen bedeutungsvollen Unterschieden zwischen den nördlichen und südlichen Kalkalpen andere, den Bau im einzelnen beeinflussende Abweichungen hinzukommen, so darf von einem streng symmetrischen Bau der Ostalpen nicht gesprochen werden.

Die südliche Kalkzone beginnt als schmales Band am Südabhang des Massivs der Vier Seen. Ausgedehnte Porphyrdecken, Konglomerate und rote Sandsteine der Permformation breiten sich diskordant und transgredierend mit flachen Schichten über den abgewaschenen Schichtköpfen der gefalteten Gesteine des Seegebirges (mit Einschuß der karbonischen Bildungen von Manno) aus. Auf dem Perm ruhen in ununterbrochener Abfolge die mesozoischen Ablagerungen. Sie bilden eine nach Osten allmählich breiter werdende Sedimenttafel, für deren Bau bis zum Val Sabbia hauptsächlich Brüche maßgebend sind; nur in den der Ebene genäherten Teilen des Gebirges werden südwärts gerichtete Überschiebungen beobachtet. Erst am Idro-See ändert sich der Bau des Gebirges; in einem mächtigen Bogen dringt die Kalkzone weit nach Nordnordosten ein, um hier in der Etschbucht auf breiter Fläche ein gebrochenes, in gewissen Linien wohl auch gefaltetes Schollenland zu bilden. Die Kalkzone wiederholt also die bekannte sigmoide Beugung des Urgebirges. Doch wird die Grenzlinie beider nicht einfach durch Anlagerung bestimmt, sondern durch einen der großartigsten Brüche der Alpen, den Judikarienbruch. „Wer vom Idrosee nordwärts in das Thal des oberen Chiese, die Judikarien, eintritt, sieht zu seiner Linken mächtige dunkle Massen von permischem Porphyr, Tuff, Schiefer und Sandstein, zu seiner Rechten aber die bleichen Kalkwände der oberen Trias. Das Absinken des Gebirges zur Rechten mag wohl leichtlich 2000 m betragen. Das ist jener gewaltige Bruch, mit welchem das Absinken alles ostwärts gegen die Etsch liegenden Gebirges beginnt. Auch bei Storo besteht dieser Gegensatz beider Thalseiten. Etwa 9 km weiter in dem geradlinig gegen Nordnordosten gerichteten Thale, am Ausgang des Val di Daone ist der Bruch in eine große Flexur übergegangen. Dieselben Bänke des Muschelkalkes, die weiter gegen Westen mit Granat und Epidot beladen, als weiße Marmorlagen westwärts unter den Granit tauchen, neigen sich hier als dunkle petrefaktenreiche Bänke in großen Bogenstücken ostwärts zum Thale, um unter die höheren Triasbänke hinabzusinken, die in flacher Lagerung die Ostseite der Judikarien bilden." (E. Sueß.)

Aus dem Judikarienthal zieht dieser merkwürdige Bruch geradlinig gegen Nordnordosten, erreicht das Val Rendena, durchquert dann das Gebirge und kreuzt bei Malè das Val di Sole und südlich von Meran das Etschthal. Im nördlichen Teil dieser 102 km langen Strecke besteht der Westrand des Bruches aus Gneis und Phyllit. Unmittelbar vor dem Eintritt ins Etschthal taucht am Bruch ein Tonalitstock hervor; auch weiter ostwärts, wo sich eine Umbeugung der Judikarienlinie gegen Nordosten und endlich gegen Osten, ja Ostsüdosten vollzieht, wird der Bruch von einer langgestreckten, bis Brunneck reichenden Granitzone begleitet. Am Ostende dieser Zone, doch etwas weiter nördlich, erscheint eine andere laccolithische Einschaltung von Granit, die Antholzer Masse; die Judikarienlinie aber setzt sich in eine Reihe von triadischen Dolomitriffen und

Digitized by Google

Liasgesteinen fort, die durch F. Teller von Brunneck bis Wimbach unweit Sillian verfolgt und als eine gegen Süden überschobene Falte im paläozoischen Phyllit erkannt worden ist. Diese Riffe bilden jedoch nur die Ausläufer eines langgestreckten, gefalteten mesozoischen Kalkgebirges, das bei Abfaltersbach unweit Sillian beginnt und zwischen den Längsthälern der Drau und Gail ostsüdöstlich bis Villach hinzieht. Im Norden sowohl wie im Süden ist es von Phyllit umfaßt und darin gewissermassen versenkt; denn zwei mächtige Längsbrüche: der Draubruch im Norden und der Gitsch- oder Gailbruch im Süden, trennen die mesozoischen Kalkfalten vom Phyllit. Diese Faltungsbrüche vereinigen sich bei Abfaltersbach, und ihre Fortsetzung ist die Judikarienlinie. Damit stehen wir vor einer ungefähr 330 km langen Dislokation, die in ihrem östlichen Teil durch Gebirgsfaltung bedingt ist, während in der gegen Nordnordosten gerichteten Strecke, der Judikarienlinie im engeren Sinne, der Bruchcharakter vorwiegt.

Werfen wir nun einen Blick auf das von dem weiten Bogen dieser Dislokationslinie umrahmte Gebirge. Hier macht sich ein großer Unterschied zwischen dem östlichen und westlichen Teile geltend. In diesem nehmen die mesozoischen Kalkbildungen zu beiden Seiten der Etsch, entsprechend dem Schwenken der Kalkzone gegen Nordnordosten, einen breiten Raum ein und verschmälern sich allmählich gegen Osten. Hier tritt dagegen in den Karnischen Alpen zwischen der Auflagerungslinie der permisch-mesozoischen Schichtfolge und dem Quarzphyllit südlich der Gaillinie ein intensiv gefaltetes paläozoisches Gebirge in langem, fast ostwestlichem Zuge hervor, das bei Sillian beginnt und am Ostende der Karnischen Alpen in die Karawanken übergeht. Die so interessante Ausbildung dieser paläozoischen, das Silur, Devon und Karbon umfassenden Schichtreihe haben wir oben an verschiedenen Stellen (S. 117 und 155) kennen gelernt. Die Schichtfolge ist bis zum Mittelkarbon ununterbrochen. Dann wurde das Gebirge gefaltet, und im Oberkarbon trat eine teilweise Transgression ein. So auffallend ist der Gegensatz zwischen der energisch gefalteten paläozoischen Kette und dem südlich anschließenden, flach liegenden permisch-mesozoischen Schollenland mit seinen Absinkungsbrüchen, daß die vorpermische Gebirgsfaltung gerade hier von G. Stache und F. Frech bestimmt erkannt werden konnte.

Aus dem permisch-mesozoischen Schollengebirge der südlichen Kalkalpen erhebt sich östlich von Trient eine große, von Südwesten nach Nordosten gestreckte Partie von paläozoischem Quarzphyllit, durchbrochen vom Granit der Cima d'Asta. Diese Partie wird von manchen als Emporwölbung betrachtet, während E. Sueß in ihr einen stehengebliebenen Horst erblickt, an dem das Land im Südosten an mehreren Brüchen, besonders der Suganathal-Spalte, zur Tiefe niedergebrochen ist. Das tektonische Gesetz, das diesen Teil der Alpen beherrscht, kommt hier zu großartigem Ausdruck: der Granit der Cima d'Asta überschiebt den südwärts abgesunkenen Triaskalkstein, und unter ihm erscheinen in verkehrter Folge der Reihe nach Jura, Kreide und Eocän.

Zwischen der alten Scholle der Cima d'Asta und der Gegend von Meran, wo die hakenförmige Beugung der Judikarienlinie beginnt, breitet sich jene große, schildförmige Porphyrdecke aus, die wir schon (S. 497) flüchtig erwähnt haben. Dadurch zerfällt das Kalkgebirge in drei Partien; die südliche umfaßt das Gebiet der Sette Comuni bis in die Gegend von Belluno, die westliche, das Gebirge der Etschbucht, reicht bis an die Judikarienlinie, die östliche bildet jenes Gebiet, das man mit wenig Berechtigung als die „Dolomitregion von Südosttirol" zu bezeichnen pflegt. Das Land südlich von der Cima d'Asta vergleicht E. Sueß mit einer großen, südwärts blickenden Treppe, deren Stufen gegen Osten an Breite und Zahl zu-, an Höhe aber abnehmen. Die Suganathal-Linie läßt sich mit ihren untergeordneten Spalten nordöstlich gegen Pieve di Cadore und darüber hinaus verfolgen. Auf mindestens 2000 m schätzt man den Betrag der Absenkung an dieser Linie, von der die Belluneser Linie abzweigt und mehr östlich gegen Belluno zieht. Die weitere Fortsetzung dieser zweiten ist vermutlich die „Frattura

Digitized by Google

periadriatica" Taramellis, eine Bruchlinie, die bei Gemona den Tagliamento kreuzt und bis gegen den Isonzo hin die Grenze der höher liegenden Triaskalke gegen die abgesunkenen und daher südlich vorliegenden Kreide- und Tertiärberge Venetiens bildet.

Das Gebirge der Etschbucht (Nonsberg, Brentagruppe und die Bergzüge zwischen der Etsch, dem Garda- und Idro-See) liegt an der nordnordöstlich streichenden Strecke der Judikarienlinie in einer Region heftiger Störung, die sich durch das Auftreten mehrerer, der Judikarienlinie paralleler Linien äußert, an denen die Schichten gegen Osten oder Südosten gesenkt und überbogen sind. Diese Verbiegungen der Schichten können als Falten, aber auch als überschobene Flexuren gedeutet werden; oben (S. 497) haben wir sie mit den Worten von E. Sueß gekennzeichnet. Einzelne dieser Falten oder Flexuren biegen in der Nähe des Etschthales nach Osten um. Eine weitere Komplikation ist durch einzelne nordsüdliche Brüche gegeben, die westlich vom Gardasee, in der Gegend von Recoaro, fächerförmig auseinandertreten, und zu denen auch der große Randbruch von Schio gehört, der den langen, in die venezianische Ebene bis Este vordringenden Sporn alpinen Gebirges gegen Osten begrenzt.

Östlich von der großen Porphyrplatte von Bozen ist in den Südtiroler Dolomiten das Gebirge ganz anders angeordnet. Gleichsam eine flache Schüssel bildend, liegen hier die permisch-mesozoischen Ablagerungen da. Ein Blick auf einen jener mächtigen Kalkstöcke, wie die Drei Zinnen bei Schluderbach (s. die Tafel, Bd. I, S. 12), genügt, die fast horizontale Schichtung und den Mangel echter Faltungserscheinungen zu erkennen. Dagegen ist dieses durch seine landschaftliche Schönheit berühmte Gebiet (vgl. S. 200) von zahlreichen großen Brüchen durchzogen. Unter diesen ist am bedeutendsten die Villnösser Linie, die aus dem Quarzphyllit von Klausen in das Triasgebirge eintritt, das Fanes-Gebirge und den Monte Cristallo schneidet und in östlicher Richtung bis Bladen (Sappada) verfolgt worden ist. Die permischen Schichten, mit denen sich dieses flache Schollengebirge auf den Quarzphyllit im Norden anlegt, bilden einen rings hervortretenden Schichtkopf, der als Denudationsrand aufzufassen ist. Dasselbe gilt auch noch für den weiter östlich gelegenen und schon bedeutend schmäleren Teil des mesozoischen Schollenlandes im Comelico und im Ursprungsgebiet des Tagliamento.

Ganz anders in den östlichen Karnischen Alpen und Karawanken. Hier ist das Kalkgebirge gegen die paläozoische Kette durch einen mächtigen und verwickelten ostwestlichen Bruch, den Hochwipfelbruch F. Frechs, abgegrenzt. Anderseits tritt hier die Fortsetzung der Suganathal-Linie mit fast ostwestlichem Streichen nahe an den Hochwipfelbruch heran. Daher zerfällt hier das Kalkgebirge in eine hochgradig gestörte nördliche Zone zwischen dem Hochwipfelbruch und der Suganathal-Save-Linie und in eine südliche Zone, die Julischen Alpen, die verhältnismäßig ruhige Lagerung aufweist. Auch in den Karawanken ist das Faltenland durch steil in die Tiefe setzende Längsbrüche in zahlreiche, weithin verfolgbare, selbständige Zonen zerspalten. Die Julischen Alpen, die südwärts an der Isonzo-Linie gegen die cretacisch-tertiäre Zone abbrechen, gehen in die gegen Südosten hinziehenden dinarischen Ketten über. Von diesen aber wissen wir, daß sie ebenfalls nach innen, gegen die Adria, an großen Längslinien zur Tiefe gehen. So vollzieht sich im Umkreis der Südalpen ein stufenförmiges Abbrechen gegen die lombardisch-venezianische Ebene und gegen die Adria. E. Sueß schreibt diesen „periadriatischen" Brüchen und Senkungen eine besondere Bedeutung zu: die südwärts überschobenen Falten oder Flexuren der südlichen Kalkalpen sollen durch das Bestreben, die gesunkene Scholle zu überschieben, entstanden sein. Die erste Anlage der Adria, deren pleistocäne Erweiterung wir wiederholt besprochen haben (vgl. Bd. I, S. 373; Bd. II, S. 406), wäre demnach eine Erscheinung, die etwas früher eingetreten sein müßte als die überschobenen Flexuren oder Faltungen. Vorläufig ist aber diese großartige und einheitliche Auffassung des südalpinen Gebirgsbaues noch nicht streng bewiesen;

Digitized by Google

im Gegenteil ist für das dalmatinische Küstenland von G. Stache die Ansicht ausgesprochen worden, die tertiäre Faltung der dinarischen Ketten solle dem Einbruch des alten adriatischen Festlandes vorausgegangen sein.

Mit unserer Betrachtung sind wir nun an das Ostende des Hauptstammes der Alpen in jenes Gebiet gelangt, wo zwei wichtige Erscheinungen unsere Aufmerksamkeit fesseln: der verwickelte Abbruch der Alpen gegen das Wiener und das ungarisch-steirische Miocänbecken, und zweitens das rutenförmige Auseinandertreten einzelner alpiner Äste. Diese Erscheinungen haben wir (Bd. I, S. 360 und 361) eingehend besprochen. Auch die erdgeschichtliche Entwickelung des Alpensystems, die wiederholten Faltungen, sind vorher berührt und ausführlich auf Seite 362—364 des I. Bandes dargestellt worden.

Die Karpathen.

Unmittelbar östlich vom Südende der böhmischen Masse, bei St. Pölten, biegt das östlichste Stück der Nordalpen scharf nach Nordosten um, nimmt die Streichungsrichtung der Karpathen an und erreicht so die Donau bei Wien. Der eigentliche Wienerwald besteht aus den cretacischen und alttertiären Flyschablagerungen oder Wiener Sandsteinen, die hier auch in ihrer Gesteinsentwickelung und in dem Hervortreten zahlreicher kleiner, isolierter Klippen von Jurakalken im Flyschgebiet der nächsten Umgebung von Wien, bei St. Veit und im benachbarten Tiergarten schon den karpathischen Typus haben. Auch die Kalkzone wendet sich in der Gegend südlich von Wien nach Nordosten, bricht aber einige Kilometer südwestlich von Wien plötzlich ab. Ebenso wendet sich die nördliche Hälfte der kristallinischen Kette aus der Gegend von Graz und Leoben nach Nordosten, endet aber noch weit früher als die Kalkzone, indem sie schon mit dem südöstlich von Wiener-Neustadt gelegenen Rosaliengebirge abbricht, und taucht unter die jungen Tertärbildungen des Wiener Beckens.

Die Alpen schneiden hier nicht vollständig ab. Eine Reihe stehen gebliebener Trümmer lehrt uns die Verbindung der Nordalpen und der nördlichen Hälfte der Zentralkette mit den Karpathen. Am deutlichsten tritt das bei der Sandsteinzone hervor. Bei Wien schließen sich an den Wienerwald jenseit der Donau der Bisamberg und andere Höhen an. Dann folgt allerdings eine etwa 45 km lange Strecke, die von jungtertiären und diluvialen Bildungen bedeckt ist; aber jenseits erscheint der Flysch etwas nordöstlich von Nikolsburg in Mähren in übereinstimmender Richtung wieder, und von hier setzen sich die Karpathen weithin nach Osten, bis nach der Bukowina, Rumänien und Siebenbürgen, fort. Allein auch in dem Zwischenraum südlich von Nikolsburg, in dem der Sandstein fehlt, sind unverkennbare Zeichen des Zusammenhanges in einer Anzahl großer isolierter Berge aus Jurakalk vorhanden, die sich, in einer Linie gelegen, zwischen die nördlichen und die südlichen Sandsteinpartien einschieben. Das sind die Klippen oder Inselberge von Ernstbrunn, Staats, Falkenstein, Polau und Nikolsburg, die durch ihre schroffen Formen und ihre ansehnliche Höhe inmitten der sanften Hügelgegend einen auffallenden Charakterzug der Landschaft bilden.

Einer der auffallendsten Unterschiede der Karpathen gegenüber den Alpen besteht in der Breite des Sandsteingürtels und in der Mächtigkeit seiner Gesteine. Während die Flyschzone der nordöstlichen Alpen nur ausnahmsweise (zwischen Salzach und Traun und im Wienerwald) die Breite von 12 km übersteigt, in der Regel aber bedeutend dahinter zurückbleibt, hat die karpathische Sandsteinzone weithin eine Breite von 100 km, stellenweise bis zu 120 km. Die Mannigfaltigkeit der Gesteine ist erheblich größer als in den Alpen.

Digitized by Google

Der geologische Bau der Sandsteinzone stellt ein regelmäßiges System mit dem Außenrand des Gebirges parallel laufender Falten dar, die im westlichen Teile des Gebirges nordsüdlich, später nordöstlich streichen, in der Mitte ostwestlich und im Osten südöstlich gerichtet sind, endlich an der siebenbürgisch-rumänischen Grenze nach Süden und dann nach Westen umschwenken. In den Synklinalen sind vorwiegend die jüngeren, tertiären Gebilde herrschend, während in den Antiklinalen die älteren, der Kreideformation angehörigen Schichten zum Vorschein kommen. Die ältesten Ablagerungen, die in den meisten Antiklinalen auftauchen, gehören der unteren Kreide, dem Neokom, an; doch nicht ausnahmslos. Es finden sich nämlich zwei derartige Linien im äußersten Norden und im äußersten Süden der Sandsteinzone, wo noch ältere Gesteine, Angehörige der Juraformation, hervortreten, aber nicht als große zusammenhängende Schichtmassen über weite Strecken, sondern in zahllosen Kalkriffen von der verschiedensten Größe, vom großen, zu mehrere hundert Meter relativer Höhe aufragenden Berge bis zur isolierten Felsnadel und dem nur wenige Kubikmeter messenden Blocke. Das sind die karpathischen Klippen, die zu den sonderbarsten und auffallendsten geologischen Erscheinungen der ganzen Erde gehören. Von den zwei Klippenzonen verläuft die eine am nördlichen, die andere nahe dem südlichen Rande des Sandsteingürtels.[1] Die nördliche Zone ist nicht auf große Erstreckung zu verfolgen. Sie beginnt in Mähren an der Betschwa und erstreckt sich von da durch Österreichisch-Schlesien nach Westgalizien, wo sie südwestlich von Krakau endet. Diese Strecke ist namentlich durch das reichliche Vorkommen von Korallriffbildungen des obersten Jura ausgezeichnet, wie sie vor allem die durch ihre prachtvoll erhaltenen Versteinerungen berühmten Korallenkalke von Stramberg bei Neutitschein in Mähren und einer Anzahl anderer wohlbekannter Fundorte, wie Inwald, Ignaziberg ꝛc., darstellen. Während auf dieser Strecke die Klippen in Menge vorhanden sind, schließt sich gegen Südwesten eine Gegend an, wo sie nur sehr vereinzelt vorkommen; von Meseritsch gegen Südwesten bis an die March treten einige wenige Kalkfelsen genau in der Verlängerung der klippenreichen Zone aus dem Sandstein hervor. Jenseit der March findet sich im Verfolg derselben Richtung noch ein einzelnes Vorkommen von Jurakalk bei Tschettechowitz im Marsgebirge südwestlich von Kremsier in Mähren: gegen Westen die letzte Klippe der nördlichen Zone, die aus dem Sandstein hervorragt. Zieht man jedoch eine den Nordrand der Alpen bei Wien mit dem Beginn der Karpathen verbindende Linie über den Wiener Kesselbruch hinweg, oder, mit anderen Worten, ergänzt man über diesen hin die ehemalige Gebirgsgrenze und verlängert dann parallel dieser Linie die Richtung der Klippenzone über das Senkungsfeld, so findet man, daß sie genau auf jene oben geschilderten Inselberge von Nikolsburg, Staatz, Ernstbrunn ꝛc. fällt, die in der Lücke zwischen Alpen und Karpathen aus der Ebene oder aus flachem Hügelland hervorragen, und diese stellen thatsächlich die Verlängerung der nördlichen karpathischen Klippenreihe dar, die sich mithin bis nahe an die letzten Ausläufer der alpinen Sandsteinzone fortsetzt.

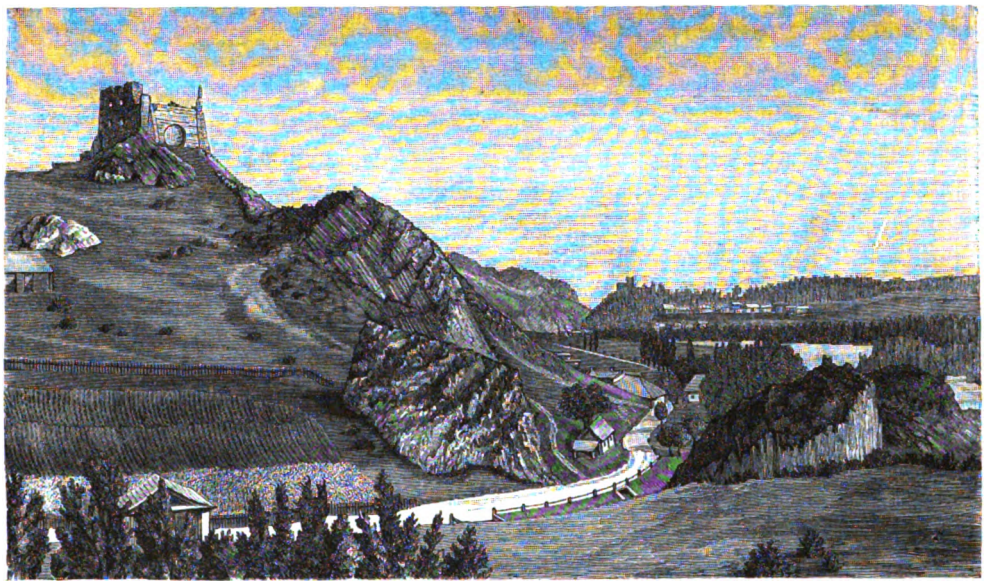
Ist die nördliche Klippenlinie wegen des Nachweises für die Zusammengehörigkeit von Alpen und Karpathen und wegen des Versteinerungsreichtums einiger Fundorte von Bedeutung, so ist die südliche Zone von Interesse, weil hier das Phänomen der Klippenbildung in ungleich schönerer Entwickelung auftritt. Sie beginnt in Ungarn im Neutraer Komitat in der Nähe von Waag-Neustadtl und zieht sich von da im Bogen durch die oberungarischen Komitate Trentschin und Arva nach Galizien, wo sie namentlich bei dem Städtchen Neumarkt sehr entwickelt ist. Weiterhin tritt sie wieder auf ungarisches Gebiet und zieht sich hier durch die nordöstliche Ecke

[1] Über die Klippen und einige andere Fragen der Karpathengeologie habe ich Anschauungen veröffentlicht, die mit den hier vertretenen nicht immer übereinstimmen. Wenn hierauf im nachfolgenden Text kein Bezug genommen ist, so geschah dies hauptsächlich aus dem bereits oben (S. 480, Anm.) angedeuteten Grunde.
V. Uhlig.

Digitized by Google

der Zips und bis etwa in die Mitte des Saroſer Komitats. Von da an bildet allerdings der ſüdliche Klippenzug keine zuſammenhängende Linie mehr; aber eine Reihe getrennter Vorkommen in den Komitaten Zemplin, Unghvár und Marmaros geſtattet, der weiteren Fortſetzung bis gegen die ſiebenbürgiſche Grenze zu folgen. Wir ſehen alſo hier einen rieſigen Bogen, deſſen Länge etwa 550 km beträgt und faſt ganz Ungarn im Norden umſpannt.

Dieſen Klippenzug können wir nicht in ſeiner ganzen Ausdehnung verfolgen; aber die Erſcheinungen, die ihn begleiten, ſind zu merkwürdig, als daß wir nicht wenigſtens ſeine Entwickelung dort etwas näher betrachten ſollten, wo das Phänomen ſeinen Höhepunkt erreicht. Zwiſchen Neumarkt in Galizien und Palocſa im Saroſer Komitat in Ungarn, auf einer Strecke von wenig mehr als 100 km Länge, ſind über 2000 Klippen zuſammengedrängt. Dabei iſt die Breite des



Die Klippen von Czorſtyn.

Zuges ſehr gering: ſie dürfte 2 km kaum irgendwo überſteigen, bleibt aber in der Regel erheblich hinter dieſem Maß zurück, ſo daß gegen 30 Klippen auf das Quadratkilometer kommen. Da aber einzelne Striche arm an ſolchen Felſen ſind, ſo drängen ſie ſich in den anderen außerordentlich eng zuſammen. Eine kleine Anzahl unter dieſen mehr als 2000 Klippen bildet anſehnliche Höhen, ſo in erſter Linie der Penin bei Szczawiniza in Galizien, ein mächtiger Berg, der durch den Dunajezfluß in zwei Teile zerſchnitten wird, und nach dem dieſe ganze Klippenregion den Namen des peniniſchen Klippenzuges erhalten hat. Noch einige andere ſind anſehnlich genug, ihre Umgebung zu beherrſchen; aber es iſt das doch nur eine geringe Minderzahl. Der Hauptſache nach ſind die Juraklippen viel zu klein, um auf den landſchaftlichen Charakter im großen Einfluß üben zu können. Die hauptſächlichſten Reliefformen werden durch die Beſchaffenheit der umgebenden Sandſteine und ihre Lagerung bedingt; aber deren ſanft gerundeten Höhenzügen und Mulden ſind zahlloſe kleinere Nadeln, Obelisken, Zuckerhüte, Pyramiden oder gerundete Köpfe von Kalk aufgeſetzt, die nur darum an der Oberfläche hervortreten, weil ihr Material härter iſt und der Verwitterung beſſer widerſteht als die umgebenden Schiefer und Sandſteine. Einzelne der juraſſiſchen Klippengeſteine ſind jedoch leicht verwitterbar, bilden gar keine Terrainhervorragungen und ſtellen nur im geologiſchen, nicht im landſchaftlichen Sinne Klippen dar.

Digitized by Google

Man kann sich kaum einen merkwürdigeren Anblick denken, als wenn man in einer unbewaldeten Gegend mit kleinen und sehr zahlreichen Klippen von einem benachbarten Höhenpunkt aus die Zone betrachtet: es ist, als ob über die sonst sehr sanfte Landschaft ein schmales, rauhes Band gelegt worden wäre, das ganz von felsigen Kuppen, Klötzen, Nadeln und Zinnen starrt (s. Abbildung, S. 503). Noch auffallender gestalten sich aber die Verhältnisse, wenn man sie vom geologischen Standpunkte betrachtet und eine Erklärung dieser Bildung versucht. In erster Linie ist dabei die außerordentliche Unabhängigkeit der einzelnen Kalkpartien voneinander von Bedeutung. Sehr oft bestehen zwei unmittelbar nebeneinander gelegene Felsen aus durchaus verschiedenem Material, ja aus verschiedenen Faciesentwickelungen eines und desselben Horizonts und zeigen durchaus verschiedenes Streichen und Fallen. Schon daraus geht hervor, daß durchaus nicht alle Klippen die äußersten Spitzen großer Massen darstellen, die in die Tiefe fortsetzen; denn dächte man sie sich in dieser Weise nach abwärts erweitert, so würden sie sich nach allen Richtungen schneiden, was natürlich unmöglich ist. Viele, ja wahrscheinlich die Mehrzahl sind nichts weiter als gewaltige Blöcke, die allerseits von den jüngeren Mergeln und Sandsteinen umschlossen sind, und in der That ist schon eine Anzahl von Klippen durch Steinbruchsarbeiten vollständig ausgerottet worden. Ebenso gewiß aber ist es, daß viele andere dieser Kalkpartien, namentlich die größten, wirklich anstehen, und bei diesen ist auch gewöhnlich die Streichungsrichtung regelmäßiger und mit der Längserstreckung der Klippenzone parallel. Ebenso bemerkt man bei diesen größeren Vorkommnissen, daß ihre Schichten im nördlichen Teile der Klippenzone nach Norden, im südlichen nach Süden einfallen; wahrscheinlich hat man es also mit einer antiklinalen Falte zu thun, die stark zersprengt und zersplittert ist. Die Richtigkeit dieser Auffassung wird dadurch bewiesen, daß auch die umgebenden Sandsteine bei aller Verwirrung und Unordnung der Lagerung im einzelnen und in der unmittelbaren Nähe der Klippen doch, im ganzen betrachtet, hier ebenfalls ein Gewölbe bilden.

Ist nun auch damit das Wesen der Erscheinung in den allgemeinsten Umrissen gegeben, so fragt man doch, warum denn hier mit der Faltung *das ganz absonderliche Phänomen der Klippenbildung* verbunden ist, während in Tausenden anderer Fälle nichts Ähnliches zu bemerken ist. Man hat verschiedene Erklärungen versucht. Man hat angenommen, daß die Klippen schon als solche aus dem Kreidemeer hervorgeragt hätten, oder daß hier eine sehr große Verwerfung stattgefunden habe; allein diese Ansichten sind bei näherer Untersuchung nicht haltbar. Wahrscheinlich haben wir es mit einer einfachen Faltenbildung zu thun, bei der nur durch die ungewöhnliche Beschaffenheit der Gesteine ganz abnorme Gefolgeerscheinungen hervortreten. In erster Linie wirkt wohl der große Unterschied in der Widerstandskraft und Härte zwischen den überaus festen Jurakalken und den weichen darüberliegenden Neokomschiefern und Sandsteinen. Aller Wahrscheinlichkeit nach wurden diese ganz bruchlos gebogen, während die darunterliegenden Kalke durch die Stärke des Druckes zerbrochen und zertrümmert wurden. Hier kommt aber noch ein anderer Punkt hinzu. Gerade in der Klippenregion stoßen zwei ganz voneinander verschiedene Ausbildungsarten des Jura zusammen und grenzen fast ohne Übergang aneinander; beide weichen in der Mächtigkeit sehr voneinander ab und sind außerdem entschieden in ziemlich verschiedener Meerestiefe gebildet. Die Jurabildungen stellen also von allem Anfang an nicht eine große, einheitliche, horizontale Kalktafel dar, sondern zwei ungleich mächtige, in verschiedenem Niveau gelegene Tafeln, die in der Klippenregion aneinander grenzen und hier durch ein auf abschüssigem Meeresgrunde abgelagertes, schräges Mittelstück miteinander verbunden sind. Denken wir nun den gewaltigen Seitendruck, der die Faltung des ganzen Sandsteinsystems hervorgebracht hat, in seiner Wirkung auf diese eigentümliche Kalkablagerung, so ist es erstens klar, daß gerade hier eine Störung von außergewöhnlicher Stärke hervortreten mußte, die größte und

Digitized by Google

intensivste Falte der ganzen Sandsteinzone. Außerdem aber konnte an der Berührungsstelle jener Kalktafeln gar keine normale Antiklinale entstehen: das Verbindungsstück mußte vollständig zertrümmert und die Schichtköpfe der beiden horizontalen Platten ineinander geschoben werden. Bedeutende Teile wurden vollständig zermalmt und zersplittert und die weichen, damals wohl noch etwas plastischen Neokomgesteine zwischen die Kalktrümmer geknetet oder diese in jene hineingepreßt. Nur auf diese Weise können wir uns von den so überaus seltsamen Erscheinungen Rechenschaft geben, und auch die verschiedenen Einzelheiten im Auftreten der Klippen stimmen damit vortrefflich überein.

Die Sandsteinzone, innerhalb deren die Klippenlinien liegen, bildet den hauptsächlichsten und den beständigsten Bestandteil der Karpathen; ja, in manchen Strichen bestehen diese ausschließlich nur aus Sandsteinen, oder es sind ihnen von anderen Gesteinen nur noch mächtige Massen von trachytischen Eruptivgebilden beigemengt, die erheblich jünger sind als die Sandsteine. Das ist in einem bedeutenden Abschnitte des Gebirges der Fall, der sich von der Linie Kaschau — Tarnow weithin nach Osten bis in die Gegend von Marmaros-Sziget erstreckt, indem an einer mächtigen Verwerfung, der dem Verlaufe des Hernadflusses nördlich von Kaschau folgenden Hernadlinie, alle älteren Massen des Innenrandes in die Tiefe gesunken sind. Östlich und westlich davon ist eine Entwickelung älterer sedimentärer und kristallinischer Gesteine vorhanden, die sich mit der Zentralkette und der nördlichen Kalkzone der Alpen vergleichen läßt. Dagegen fehlt jede Spur einer südlichen Kalkzone oder eines südlichen Flyschzuges.

Die Karpathen stellen demnach ein echtes einseitiges Gebirge dar, allerdings von sehr verwickeltem Bau, von dem wir nur wenige Hauptzüge näher ins Auge fassen wollen. Während an dem großen das Ostende der Alpen bezeichnenden Einbruch die Sandsteinzone in der oben geschilderten Weise bei Wien über die Donau setzt, lösen sich von dem Vorsprunge der Alpen bei Wiener-Neustadt beschränkte Partien von kristallinischen Schiefern und mesozoischen Kalken ab, die aus der Ebene hervorragen. Weitaus das bedeutendste unter diesen Bruchstücken der versunkenen Alpenkette ist das von Südwesten nach Nordosten gerichtete Leithagebirge zwischen Neustadt und Bruck an der Leitha. Weiterhin folgen schon an der Donau die Hainburger Berge, deren unmittelbare Fortsetzung jenseits der Donau die Kleinen Karpathen bilden; sie beginnen bei Preßburg und streichen von da nach Nordosten, wo dann bald eine weit reichlichere Entwickelung der älteren Gesteine beginnt.

Wenn wir den mittleren Teil der Karpathen ins Auge fassen, wo alle Glieder des Gebirges am vollständigsten entwickelt sind, so fällt hier eine Anordnung der Massen auf, die vielfach an die Erscheinungen erinnert, wie wir sie in den westlichen Alpen, in der Schweiz und in Südfrankreich kennen gelernt haben. Hier tritt im Süden eine mächtige, zusammenhängende kristallinische Zone auf, und nördlich oder westlich liegen, von dieser und voneinander durch jüngere Ablagerungen getrennt, die einzelnen vorgeschobenen Zentralmassen des Finsteraarhorns, des Montblanc, der Belledonne, Pelvoux 2c. In derselben Weise sehen wir in der zentralen Region der Karpathen vor die Hauptgruppe der kristallinischen Gesteine einige isolierte Massen nach Norden hinausgerückt, namentlich die Magura in den ungarischen Komitaten Trentschin und Arva und die Hohe Tatra, zu denen etwa noch das kleine Braniskogebirge zwischen Leutschau und Eperies gerechnet werden darf. Sowohl die Tatra als die Magura sind durch das Auftreten gewaltiger Granitmassen ausgezeichnet, an die sich in geringerer Menge Gneise anschließen, und denen namentlich nach Norden mesozoische Kalkbildungen vorgelagert sind.

Wie in den Westalpen die vorgeschobene Montblanc-Gruppe an Gipfelhöhe die inneren Teile der Alpen übertrifft, so verhält es sich auch in den Karpathen: die Hohe Tatra überragt in einer Reihe mächtiger Gipfel alle übrigen Teile des großen ungarisch-galizischen Gebirgs-

Digitized by Google

bogens. In erster Linie ist die Tatra dadurch ausgezeichnet, daß sie, obwohl ein Bestandteil der Karpathen, doch fast isoliert aufsteigt. Im Süden schiebt sich hier in das Gebirge eine breite, großenteils von Diluvialgebilden bedeckte Fläche, die Zipser und Liptauer Ebene, ein; im Norden ist das Sandsteingebiet zwischen dem Tatrarande bei Zakopane und den Bergen nördlich von Neumarkt ein niedriges Hügelland, und auch nach Osten und Westen überragt die Tatra ihre Umgebung so erheblich, daß sie aus dieser ziemlich unvermittelt emporwächst. Besonders fällt dieser Eindruck auf, wenn man sich der Tatra von Südosten her nähert und hier die höchsten und schroffsten Gipfel, die Lomnitzer, Gerlsdorfer, Schlagendorfer Spitze, den Eisthaler Turm ꝛc.,

Die Tatraspitze.

fast unmittelbar aus der Zipser Ebene sich erheben sieht. Gerade die Berge auf der Südseite der Tatra sind durch ihre außerordentlich schroffe, zackige, wild zerrissene Form ausgezeichnet (s. obenstehende Abbild.), obwohl sie aus Granit bestehen, der sonst gerundete Kuppen zu bilden liebt. Die Ursache davon liegt in dem außerordentlichen Quarzreichtum der Tatragranite, der dem Gestein hervorragende Widerstandskraft verleiht. Einen dritten merkwürdigen Zug der Tatralandschaft bilden endlich die zahllosen kleinen Seen, die „Meeraugen", die als Zeugen und Produkte der Vergletscherung während der Eiszeit zurückgeblieben sind (s. Abbildungen, Band I, S. 567, und Band II, S. 439).

Bildet so die Hohe Tatra eine kleine geologische Welt für sich, ein Gebirge im Gebirge, so stellt dagegen der Rest der Karpathen trotz aller Verschiedenheit im einzelnen ein zusammenhängendes Ganze dar. Zu seinen mannigfachen Eigentümlichkeiten gehört vor allem das Auftreten ungeheurer Massen von Eruptivgesteinen aus der Trachytfamilie, die in keinem anderen Gebiete Europas in so enormer Entwickelung vorkommen; z. B. die Trachytmasse von Schemnitz

Digitized by Google

und Kremnitz mit ihren berühmten Erzlagerstätten, ferner der mehr als 100 km lange und sehr breite Eruptivzug, der die oben genannte Bruchlinie des Hernadthales östlich begleitet. In annähernd nordsüdlicher Richtung verlaufen diese Trachytberge von Tokay an der Theiß bis nördlich von Eperies. Den nördlichen Teil bezeichnet man als den Eruptivstock von Kaschau-Eperies, die südliche Hälfte ist unter dem Namen der Hegyallya bekannt, auf deren trachytischem Boden der edelste Wein des Ungarlandes reift. Von da an zieht sich dann dem Innenrande der Karpathen entlang ein nur stellenweise auf kurze Strecken unterbrochener Trachytzug durch Ungh, Beregh und die Marmaros nach dem nördlichen Siebenbürgen und von da der Ostgrenze dieses Landes entlang bis etwa 50 km nördlich von Kronstadt. Außerdem treten in dem westlichen Grenzgebirge zwischen Ungarn und Siebenbürgen große Massen von Trachyten auf und bilden hier im siebenbürgischen Erzgebirge das Muttergestein der Golderze, die in den Bergwerken von Vöröspatak, Aranyospatak ꝛc. abgebaut werden.

An der Innenseite der Karpathen findet sich ein gewaltiges Senkungsfeld, das fast das ganze von dem Karpathengebirge umspannte Gebiet in sich begreift: die ungarische Ebene, die zu den Karpathen gehört, wie die Po-Ebene zu den Alpen oder das Tyrrhenische Meer zu den Apenninen. Allerdings bildet Niederungarn, das gewaltige, von Donau, Theiß und anderen großen Flüssen durchströmte und von ihren Anschwemmungen überschüttete Flachland, keine ganz ununterbrochene Ebene, sondern es ragen mannigfache kleinere Berggruppen und Höhenzüge daraus hervor, so das Fünfkirchener Gebirge im Süden, vor allem aber das von Südwesten nach Nordosten verlaufende ungarische Mittelgebirge. Dieser Gebirgszug bildet in ähnlicher Weise eine Fortsetzung des nördlichsten Teiles der Südalpen, wie sich die karpathische Sandsteinzone an den Flyschgürtel der Alpen anschließt. Langgestreckt, aber mehrfach unterbrochen und ohne irgend welche namhafte Gipfelentwickelung zieht er schräg durch Ungarn am nordwestlichen Ufer des Plattensees vorbei gegen das Knie der Donau bei Waitzen; der Bakonyer Wald, das Vertesgebirge, das Graner und Ofener Gebirge gehören ihm an. In der Gegend zwischen Gran und Ofen setzt er über die Donau, wo sich dann weiterhin die Matra und das Bückgebirge anschließen. Diese allerdings nicht sehr hohe Kette scheidet die große ungarische Niederung in zwei ungleiche Teile: die oberungarische Ebene im Nordwesten, der als Hauptorte Komorn und Raab angehören, wird auf diese Weise von Niederungarn geschieden, dessen unabsehbare Flächen die Theiß durchströmt.

Das westeuropäische Schollenland.

Die Region der südeuropäischen Kettengebirge mit den dazu gehörigen Gebieten des Mittelmeeres und des nordafrikanischen Gebirgslandes in Tunis, Algerien und Marokko wird sowohl im Norden als auch im Süden von weiten Räumen begrenzt, in denen keine nennenswerte Aufrichtung junger Ablagerung stattgefunden hat. Gegen Süden bildet dieses ungestörte Areal eine geologische Einheit: die große afrikanische Wüstentafel. Anders verhält es sich dagegen im Norden, wo die außerordentlich mannigfaltig gebauten Gebirge, Stufenländer und Ebenen von Mittel- und Nordeuropa vorliegen. Hier treten alte Massen auf, wie das Zentralplateau von Frankreich, die Vogesen, der Schwarzwald, der Böhmerwald und die mitteldeutschen Gebirge, abgestufte Sedimentärtafeln und Becken, wie das Pariser Becken, die süd- und mitteldeutsche Jura- und Triaslandschaft, weite Diluvialflächen, wo ältere Ablagerungen nur vereinzelt hervortreten, wie in der norddeutschen und in der sarmatisch-russischen Ebene. Kurz, die Mannigfaltigkeit ist so

Digitized by Google

groß, daß es auf den ersten Blick schwer wird, Hauptzüge herauszufinden, die diese vielfach zerstückelten Glieder beherrschen und über ihre tektonische Zusammengehörigkeit orientieren.

Trotzdem existieren solche leitende Erscheinungen, deren Bedeutung Sueß hervorgehoben hat. Betrachten wir das Vorland nördlich der Karpathen, so finden wir in Ostgalizien, in Podolien und der Bukowina, wo sich die Flüsse tiefe Rinnsale in die Ebene eingeschnitten haben, unter dem Diluvium eine vollständig wagerechte Reihenfolge von Ablagerungen von Tertiär, oberer Kreide, bisweilen oberem Jura; dann folgt eine ungeheure Lücke, die dem mittleren und unteren Jura, der Trias, der Perm- und Kohlenformation entspricht, endlich aber erscheinen, noch immer ganz horizontal gelagert, devonische und silurische Schichten.

Ganz anders im Westen. In den Sudeten sind noch Schichten des Jura und der Kreide aufgerichtet, in der Gegend von Krakau, im Gebirge von Kielce in Russisch-Polen beeinflussen Falten noch die Lagerung der Kreideschichten. Wir haben also den Ostkarpathen gegenüber ein Vorland, das seit urältester Zeit, vermutlich seit Beginn der kambrischen Formation, unbewegt geblieben ist, während in den den Westkarpathen gegenüberliegenden Gebieten wenigstens einige Faltungen bis in die Kreidezeit angedauert haben.

Wir können demnach hier zwei verschiedene Typen über große Räume verfolgen. Wie in Podolien, so liegen in Rußland, mit Ausnahme des Kaukasus, der Krim, des Donezschen Kohlenbeckens und des Urals, alle Bildungen bis zur Basis der kambrischen Formation in ungestörten horizontalen Schichten. Am Dnjepr wie an der Wolga finden wir nur wagerechte Lagerung, und ebenso sehen wir in der Umgebung von Petersburg und in den Ostseeprovinzen die flachliegenden Thone und Glaukonitsande der kambrischen, die Kalke der silurischen Formation. Finnland ist fast nur ein gewaltiger Granitklotz, wir wissen also nichts über die Lagerung von versteinerungsführenden Schichten; aber in Schweden und im östlichen Teile von Norwegen liegen wieder die kambrischen und silurischen Schichten ganz horizontal, und erst im westlichen Norwegen finden wir überall die paläozoischen Ablagerungen energisch gefaltet und aufgerichtet.

Die horizontale Lagerung ist also Regel im ganzen außeralpinen Osteuropa. Dagegen kennen wir im ganzen Deutschen Reiche und in Österreich westlich von Lemberg, ferner in Frankreich und England keinen Fleck Erde, wo kambrische oder silurische Schichten ungestört vorkommen: ein tief einschneidender Unterschied zwischen Osten und Westen, der noch dadurch gesteigert wird, daß das westliche Gebiet von viel zahlreicheren und stärkeren Brüchen durchzogen ist als das Ostland. Allerdings können wir die Grenze zwischen den beiderlei verschiedenen Typen nicht genau angeben. In Skandinavien liegt sie zwar klar zu Tage, auch in Galizien können wir wenigstens annähernd deren Lage bestimmen; aber in dem großen dazwischenliegenden Raume hat sich ein überaus dicker Mantel von jungen und jüngsten Bildungen über die alten Gesteine gelegt und verdeckt so die Linie, in der die zwei großen Typen aneinander stoßen, das westeuropäische Schollenland und die große russisch-skandinavische Tafel.

Wir betrachten in erster Linie die den Alpen unmittelbar vorgelagerten Gebiete. Nördlich von der gefalteten Molasse, die noch dem Alpengebirge zugehört, breitet sich eine bald breitere, bald schmälere Fläche aus, die wesentlich aus horizontal gelagerten Schichten des jüngeren Tertiär und aus mächtigen Aufschüttungen diluvialer und alluvialer Gerölle, Konglomerate, Sande, Lehme ꝛc. besteht. Weitaus die größte Verbreitung erreichen diese Vorkommnisse in den weiten Distrikten von Oberbayern und Oberschwaben, in der Donauhochebene zwischen dem Außenrande des Gebirges und dem Auftauchen der Juraablagerungen aus dem Mantel der jungen Gebilde. Der Bau der älteren Ablagerungen im Untergrunde dieser Fläche ist vollständig unbekannt, und es wäre von großem Interesse, wenn durch einige tiefe Bohrungen in dieser Region Aufschluß darüber geschaffen würde. Dies Unternehmen könnte auch praktisch von

Digitized by Google

großem Erfolge begleitet sein, da sich die Braunkohlenablagerungen, die man am Alpenrande bei Miesbach, bei Pensberg, am Peißenberge 2c. abbaut, vielleicht in der Tiefe weit nach Norden ausbreiten und z. B. in unmittelbarer Nähe von München aufgeschlossen werden könnten.

Die älteren Gesteine, die sich nördlich von diesen jüngeren Bildungen einstellen, sind verschiedener Art: teils ragen gewaltige Massen uralter archäischer Gesteine in plumpen Gebirgsstöcken über ihre Umgebung empor, teils treten mesozoische und namentlich jurassische Ablagerungen hervor. In dem Raume zwischen dem Zentralplateau von Frankreich und dem Schwarzwald sehen wir den südlichen Teil dieser mesozoischen Bildungen samt dem ihm aufgelagerten Tertiär gleich den Alpen gefaltet und aufgerichtet: hier tritt der dem alpinen System angehörige Kettenjura auf, der schon früher (S. 489) geschildert worden ist. Nach Nordwesten geht er in ein horizontal gelagertes Tafelland jurassischer Schichten über, und dieses herrscht im Osten ausschließlich, wo sich das Gebiet des flachgelagerten „Plateaujura" zeigt, sobald östlich vom Schwarzwald kein stauendes Hindernis mehr vorhanden ist.

In dem weiten Raume zwischen den Massen des Schwarzwaldes und des bayrisch-böhmischen Grenzgebirges heben sich zunächst die Ablagerungen des oberen Jura unter dem jüngeren Schutt- und Schwemmlande empor, und zwar nicht in vollständig flacher Lagerung, sondern sie fallen sehr schwach und dem Auge auf kurze Entfernung nicht wahrnehmbar gegen Süden oder Südosten ein. Erst dadurch, daß man die Schichten auf weitere Strecken verfolgt, findet man, daß ein und derselbe geologische Horizont gegen Nordwesten und Norden in immer höheres Niveau über der Meeresfläche hinaufrückt. Allerdings ist es fraglich, ob das Versinken des Jura gegen Süden unter die Bildungen der Donauhochebene lediglich dieser leichten Schichtneigung zugeschrieben werden darf; man nimmt in der Regel an, daß hier auch die mesozoischen Bildungen an einer dem Laufe der Donau annähernd parallelen Spalte abgesunken seien.

Das Gebiet des oberen Jura in Franken und Schwaben, die Rauhe Alb, ist eine unfruchtbare, wasserarme Hochfläche mit magerem Graswuchs, mit zahlreichen nackten Felskuppen, von Trockenthälern durchzogen, und häufig durch ausgezeichnete Dolinen, die Windlöcher, unterbrochen; überhaupt zeigt dieses Gebiet Karstcharakter, wohl nicht stark ausgebildet, aber doch in allen seinen wesentlichen Zügen entwickelt. Innerhalb dieser Hochfläche bilden die höheren Glieder des Jura, harte, klotzige Kalkmassen und Dolomite, eine Terrasse; und diese selben Kalke und Dolomite umschließen eine Anzahl von Becken, in denen sich das oberste Glied des Jura, die Plattenkalke, abgelagert hat. Dem Komplex dieser Plattenkalke, die stellenweise auch normal über den tieferen Schichten liegen, gehören unter anderen die berühmten lithographischen Schiefer an, die in der Umgebung von Solnhofen, Mörnsheim, Eichstätt auf dem fränkischen Juraplateau in großartigen Steinbrüchen gewonnen werden. Unterhalb dieser ersten Terrasse bilden die wohlgeschichteten Kalke der unteren Hälfte des oberen Jura eine zweite Terrasse, die dann an ihrem Rande mit gewaltigem Steilabfall gegen das schwäbisch-fränkische Unterland absetzt. Vom südöstlichen Ende des Schwarzwaldes zieht dieser Steilrand gegen Ostnordosten durch ganz Württemberg und das südliche Franken bis in die Gegend von Berching an der Altmühl; hier biegt er plötzlich scharf nach Norden um und zieht durch die Fränkische Schweiz bis in die Nähe von Koburg. Die Ursachen, die diesen Steilabsturz und das ganze Relief des schwäbisch-fränkischen Stufenlandes bedingen, haben wir schon früher als ein Beispiel der Gestaltung der Terrainoberfläche durch die Erosion besprochen und dabei gesehen, daß wir es lediglich mit einer Wirkung der Denudation zu thun haben, und daß die großen Niveauunterschiede nur von der verschiedenen Widerstandskraft der Gesteine herrühren (Bd. I, S. 499).

Steigen wir von der oberjurassischen Terrasse ins Unterland hinab, so überrascht uns ein plötzlicher schroffer Wechsel im ganzen landschaftlichen Charakter. Die oberjurassischen Gehänge

Digitized by Google

sind meist dicht bewaldet; sowie man aus dem Kalk des mittleren Jura kommt, wird die Neigung schwächer. Die tieferen Schichten bilden reiches Kulturland, namentlich in Franken, während in Schwaben im mittleren Jura härtere, widerstandskräftige Gesteinslagen eingeschaltet, die Gehänge daher steiler und vielfach noch bewaldet sind und erst der Lias dann ein flach hügeliges, fruchtbares Land bildet, das „wie ein bunter Teppich am Fuße der Alb ausgebreitet daliegt".

Der Keuper, die oberste Stufe der Trias, die nun unter dem Lias zum Vorschein kommt, bildet wieder wegen seiner mächtigen und ziemlich harten Sandsteinbänke ein höheres Hügelgelände. Seine Mergel schaffen ein fruchtbares, namentlich an Wein und Obst reiches Land, während seine sandigen Partien die ergiebigsten Hopfengärten Deutschlands tragen, aber auch stellenweise ein mageres, dürres Gelände mit krüppeligem Föhrenwuchs abgeben, wenn dem Sande zu wenig thoniges oder kalkiges Bindemittel beigemischt ist. Der Muschelkalk, der sich weiterhin anschließt, bildet gleich den meisten Keupergesteinen fruchtbaren Boden, da der Kalk meist ziemlich stark thonig ist; wenig gewellt breitet sich die Muschelkalkfläche aus, von Feldern und mit zahlreichen Ortschaften bedeckt, die Flüsse schneiden tief ein, und an den Gehängen reifen manche der edelsten Weine Deutschlands, so der Stein- und Leistenwein bei Würzburg ꝛc. An vielen Punkten liegen reiche Schätze von Steinsalz im mittleren Muschelkalk eingeschlossen. Die sechste Stufe der süddeutschen Terrassenlandschaft bildet endlich das tiefste Glied der Trias, der Buntsandstein, der zum größten Teile aus klotzigen und widerstandskräftigen Bänken besteht und daher ein Bergland bildet, das die ganze Gegend bis an die Grenze des oberen Jura bedeutend überragt und mit den Jurarändern wetteifert, ja in einzelnen Kuppen diese übertrifft. Er bildet einen großen Teil des Schwarzwaldes und der Vogesen, der Hardt, des Odenwaldes, den Spessart, die Rhön, und seine Höhen sind von den riesigsten Forsten bedeckt; der Buntsandstein ist die eigentliche Waldformation Deutschlands, aber für Feldbau wenig geeignet, stellenweise zur Moorbildung neigend und darum auch nur dünn bevölkert. Gerade im Herzen Deutschlands breiten sich diese unwirtlichen Striche aus, und der lange Zeit hindurch so geringe Zusammenhang zwischen dem Norden und Süden unseres Vaterlandes ist zum großen Teile dem Umstande zuzuschreiben, daß sich auf der Grenze zwischen beiden diese den Verkehr hemmenden und intensiver Bebauung feindlichen Waldgebirge erstrecken, die allerdings nicht aus Buntsandstein allein bestehen, in denen dieser aber die bedeutendste Rolle spielt.

Eigentümlich verhält sich der Schwarzwald zu dem angrenzenden Teile des Stufenlandes. Der Schwarzwald besteht seiner Hauptmasse nach aus alten archäischen Gesteinen, aus Gneisen und Graniten, namentlich in den höchsten südlichen Teilen; Ablagerungen der Kohlenformation und des Perms sind nur wenig ausgedehnt vorhanden, dagegen nimmt der Buntsandstein großen Raum ein. Dabei wechselt seine Beziehung zu den alten Gesteinen sehr. Buntsandstein liegt auf der Höhe des Gebirges auf manchen der bedeutendsten Erhebungen, z. B. auf der Hornisgrinde, horizontal auf dem Gneis, lehnt sich an den Flanken des Gebirges in abstoßender Lagerung an den Gneis und Granit an, liegt am Fuße des Schwarzwaldes und wird dann hier der Reihe nach von den jüngeren Triasbildungen bedeckt. Solche Verhältnisse treten in ganz derselben Weise auch in den Vogesen auf und haben Anlaß zu der Deutung gegeben, daß sich der älteste Teil der Sandsteine, der „Vogesensandstein", vor der Entstehung des Gebirges gebildet habe. Nach Ablagerung dieses Horizonts wäre dann eine vollständig senkrechte Hebung eingetreten, so daß sich die jüngeren Teile des Buntsandsteines nun an den Flanken und am Fuße der neuentstandenen Berginsel absetzen konnten. Neuere Untersuchungen haben die Irrigkeit dieser Ansicht ergeben. In erster Linie zeigt es sich, daß die auf der Ostseite des Schwarzwaldes und auf der Westseite der Vogesen an das Gebirge angelehnten und an seinem Fuße befindlichen Massen von Buntsandstein hier nicht an einer alten Küste angelagert sind, sondern daß wir es nur mit der Wir-

Digitized by Google

kung einer Reihe von Verwerfungen zu thun haben. In jedem der beiden Gebirge gibt es auf der dem Rheine abgewendeten Seite eine Reihe paralleler, nordsüdlich verlaufender Verwerfungen, an denen die Gesteine abgesunken sind: eins der ausgezeichnetsten Beispiele eines stehengebliebenen alten Pfeilers der Erdrinde, eines Horstes, der sich in seiner ursprünglichen Lage erhalten hat, während alles ringsumher in stufenförmig angeordneten Brüchen abfällt. Wir müssen uns das Verhältnis so vorstellen, daß ursprünglich der ganze Schwarzwald und die Vogesen vom Buntsandsteine bedeckt waren; darüber lagen Muschelkalk und Keuper und der ganze Jura. Die Unterlage des Buntsandsteines muß im ganzen süddeutschen Stufenlande annähernd in demselben Niveau gelegen haben wie im Schwarzwald, und bis nach Norden zur Rhön war die ganze Schichtreihe wahrscheinlich bis hinauf zum obersten Jura vorhanden. Nun bildete sich ein kompliziertes System großer Verwerfungen; das heutige Stufenland sank in die Tiefe. Dort, wo es am tiefsten gesunken war, konnte sich die Schichtfolge bis zum oberen Jura erhalten; je weniger dagegen eine Scholle in die Tiefe gegangen war, um so stärker arbeitete die Denudation an ihren höheren Schichten und griff hinab, je nach der Lage bis auf den mittleren Jura, den Lias, den Keuper, den Muschelkalk oder den Buntsandstein. Und auf dem alten Horste, dem Schwarzwald und den Vogesen, ging die Entblößung bis auf die uralten kristallinischen Gesteine hinab. Wenn wir das Verhalten des Schwarzwaldes und der Vogesen zu den umgebenden, tieferliegenden Gebirgsschollen ins Auge fassen, so erhalten wir ganz den Eindruck, als ob jene beiden Massen nicht voneinander getrennt wären, sondern einen zusammenhängenden Horst bildeten: so vollständig gleichmäßig senken sich die Stufenbrüche im Westen von den Vogesen, im Osten vom Schwarzwald ab. In der That ergibt eine nähere Betrachtung der Rheinebene zwischen Schwarzwald und Vogesen, daß hier in verhältnismäßig später Zeit eine große Senkung stattgefunden hat. Schwarzwald und Vogesen waren ursprünglich eine einheitliche Masse, und die Rheinebene zwischen beiden ist erst spät dadurch entstanden, daß das Mittelstück in einer ausgezeichneten Grabenversenkung in die Tiefe gegangen ist. Treten wir aus dem Raume zwischen Schwarzwald und Vogesen heraus nach Norden, so finden wir, daß ganz ähnliche Verhältnisse auch weiterhin noch herrschen. Die Muschelkalkgelände des Kraichgaues im mittleren Baden und der Odenwald schneiden im Osten genau in derselben Weise gegen die Rheinebene ab, und im Westen finden wir das gleiche Verhältnis in der Hardt und in den nördlicheren Teilen der Pfalz. Wir müssen hier die gleichen Vorgänge annehmen und dürfen bestimmt die ganze Rheinebene, die sich mit ziemlich gleichbleibender Breite von Basel bis Frankfurt zieht, als eine einheitliche Grabenversenkung bezeichnen. Jüngere Bildungen tertiären, diluvialen und alluvialen Alters haben diesen Strich überschüttet und die Höhenunterschiede ausgeglichen; und so breitet sich über den Ruinen des in die Tiefe gebrochenen Mittelstückes jenes einst einheitlichen Gebirges heute einer der gesegnetsten Landstriche Deutschlands aus.

Wie die Doppelmasse des Schwarzwaldes und der Vogesen im Westen, so schließt im Osten die böhmische Masse die süddeutsche Stufenlandschaft ein: eins der eigentümlichsten Gebiete Europas, eine geologische Individualität von großer Selbständigkeit, die sich nach allen Richtungen scharf abgrenzt und auf jeder geologischen Karte augenfällig hervortritt. Im Süden und Südwesten finden wir zunächst die eigentliche böhmische Masse, einen riesigen Klotz altkristallinischer Bildungen, die den Bayrischen Wald, das südliche Böhmen und die angrenzenden Teile von Ober- und Niederösterreich und von Mähren umfaßt (auf der Tafel „Geologische Karte der Alpen" bei S. 488 den südlichen Teil der böhmischen Masse von Regensburg bis Znaim). Hier treten Gneise, Granite, Glimmerschiefer, Urthonschiefer auf, die sicher älter sind als die ältesten fossilführenden Ablagerungen der kambrischen Formation. Die Anordnung der Hauptsache nach ist derartig, daß im Südwesten die tiefsten Glieder, rötliche und bunte (bojische) Gneise

Digitized by Google

und ihnen ähnliche Granite, erscheinen; darüber folgen graue (hercynische) Gneise, dann Glimmerschiefer und verwandte Gesteine, die ihrerseits wieder von Urthonschiefern oder Phylliten bedeckt werden. Gegen Norden fallen dann diese am Rande der alten Masse ihrerseits unter die kambrischen Ablagerungen der böhmischen paläozoischen Falte, des Prager Silurbeckens, ein.

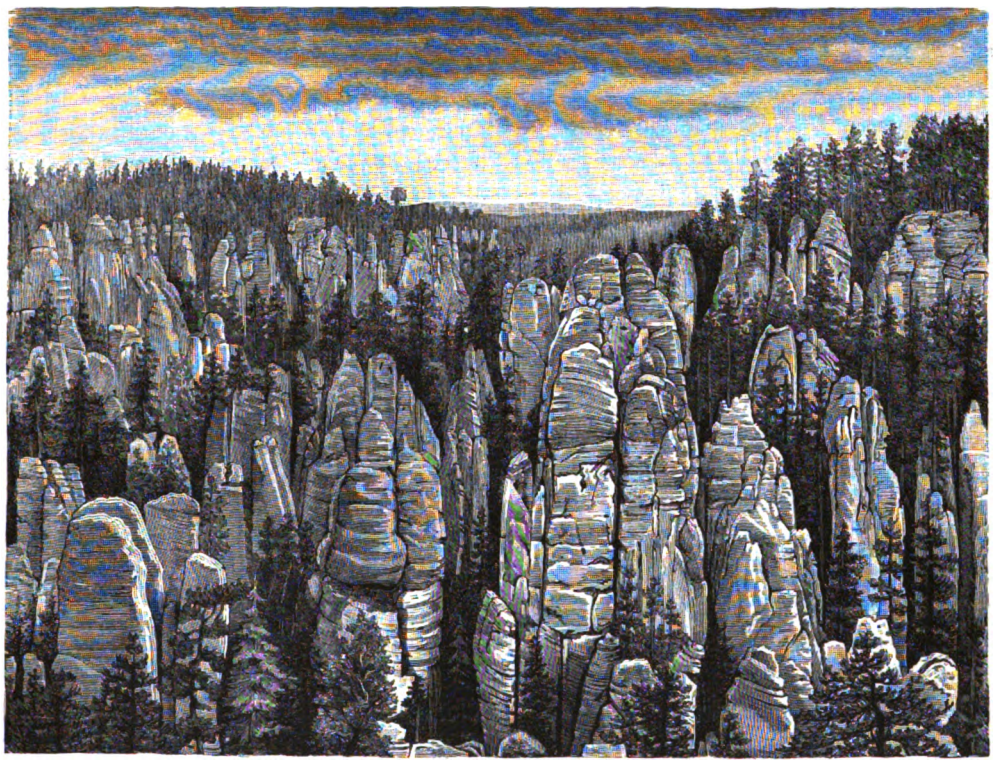
Diese archäischen Gesteine, die im bayrischen Gebiete von Gümbel, im böhmischen von Hochstetter eingehend untersucht worden sind, erreichen eine ganz enorme Mächtigkeit, die von dem letztgenannten Forscher auf mehr als 33,000 m veranschlagt wird. Jüngere als archäische Bildungen beteiligen sich an dem Aufbau dieses Massivs nur in äußerst untergeordnetem Maße. Die ganze paläozoische und mesozoische Reihe fehlt vollständig; nur einige tertiäre Süßwasserablagerungen und junge diluviale und alluviale Ausschwemmungen legen sich oberflächlich auf die uralten Felsarten. Die Abgrenzung des Gebietes gegen Westen wie gegen Osten bilden Verwerfungen. Wir haben es auch hier mit einem Horste zu thun, der stehen blieb, während seine ganze Umgebung in die Tiefe sank, und der wahrscheinlich mit Beginn der paläozoischen Ära nie wieder seiner ganzen Ausdehnung nach vom Meere bedeckt war.

Während eines ungeheuer langen Zeitraumes haben demnach alle zerstörenden Kräfte auf die Gesteine einzuwirken Gelegenheit gehabt, und in der That haben sie auch ihr Werk ausgiebigst gethan. In der Anordnung der Höhenzüge, in den Gebirgsformen macht sich nirgends ein Einfluß der Lagerung der Streichungsrichtung und der Schichtstellung geltend. Wäre diese maßgebend, dann müßte sich hier ein sehr hohes alpines Gebirge erheben mit ausgesprochen nordwestsüdöstlicher Streichungsrichtung; in Wirklichkeit haben wir aber ein mittelhohes Bergland vor uns mit runden Bergformen und regellos angeordneten Höhenzügen, oder es liegt eine nur wenig wellige Hochfläche vor uns. Kurzum, wir haben es mit einem ausgezeichneten Abrasionsgebiete zu thun, das nicht durch die brandenden Wellen eines vorrückenden Meeres, sondern durch die langsame und geräuschlose Thätigkeit der subaerischen Denudation seine Form erhalten hat.

An die mächtige, geschlossene Masse kristallinischer Gesteine in dem südlichen Böhmen und den angrenzenden Gebieten reihen sich einige andere Gebirge, zum größten Teil ebenfalls aus alten archäischen Ablagerungen zusammengesetzt, und umschließen zusammen den großen böhmischen Kessel. Gegen Nordosten ist dieser durch das Bergsystem der Sudeten begrenzt, gegen Nordwesten durch das Erzgebirge, gegen Westen durch die Ausläufer des Fichtelgebirges, des Karlsbader Gebirges und den nordwestlichen Teil des Böhmerwaldes, der vom südöstlichen Walde durch eine tiefe Einsenkung getrennt ist. Liegt auch der böhmische Kessel tiefer als der Kranz von Bergen, der ihn umgibt, so bildete er doch seit uralter Zeit ein Plateau, das sich über das durchschnittliche Niveau des größten Teiles von Europa erhob und daher meist nicht vom Meere überflutet war, während die umgebenden Länder davon bedeckt wurden. In großer Ausbreitung finden sich alte kambrische Schichten, die den kristallinischen Schiefern der archäischen Periode gleichmäßig aufgelagert sind und eine von Nordosten nach Südwesten gestreckte Ellipse bilden, in deren Zentrum die Städte Beraun und Horowitz gelegen sind, während sich Klattau und Prag in der Nähe der beiden Enden befinden. Die kambrischen Ablagerungen bilden der Hauptsache nach eine große synklinale Falte, die, zwischen den archäischen Gesteinen eingeklemmt, der Zerstörung durch Denudation entgangen ist und ihrerseits wieder das kleine, aber durch seinen ungeheuren Versteinerungsreichtum berühmt gewordene Silurgebiet und eine ganz kleine Quetschfalte von unterem Devon umfaßt. Wir haben es hier mit den letzten Denudationsresten einer vormals weitverbreiteten Ablagerung zu thun, die vermutlich über die das südliche Böhmen und den Nordrand von Ober- und Niederösterreich bildenden kristallinischen Massen wegreichten und sich bis in die Alpen erstreckten, wo verwandte Vorkommnisse auftreten. Mit dem unteren Devon schließt für lange Zeit die Reihenfolge der Meeresgebilde in Böhmen. Flözführende Schichten

Digitized by Google

der Kohlenformation breiten sich übergreifend in horizontaler Lagerung über den abradierten Schichtköpfen von archäischen, kambrischen und silurischen Bildungen aus; das Rotliegende mit seinen roten Sandsteinen und Konglomeraten, mit Kohlenflözen und stellenweise mit Kalkbänken nimmt einen sehr großen Raum ein. Aber in keiner dieser Ablagerungen ist jemals eine marine Versteinerung gefunden worden. Die Trias fehlt ganz, von mittlerem und oberem Jura, allerdings in mariner Entwickelung, finden sich nur überaus schwache Spuren im äußersten Nordosten am Fuße der Sudeten, die untere Kreide fehlt, und erst mit der oberen Kreide, die über so weite Strecken hin übergreifend auftritt, bringt das Meer wieder in Böhmen ein. Aus ihm



Die Adersbacher Steine.

schlagen sich die Massen von Plänermergeln und Quadersandsteinen nieder, die hier ein so großes Gebiet bedecken und sich von da in die Sächsische Schweiz, dem Laufe der Elbe folgend, fortsetzen. Ihre in seltsamen Formen verwitternden Felsmassen bilden die merkwürdigen Felspartien, die den Lauf der Elbe begleiten; in noch abenteuerlicherer Form aber treten sie im sudetischen Gebiet in den Weckelsdorfer und Adersbacher Steinen auf (s. obenstehende Abbildung). Nach dem Schlusse der Kreideformation dringt das Meer nicht mehr in den böhmischen Kessel vor. Wohl findet sich viel Tertiär; allein es sind Binnenablagerungen mit mächtigen Braunkohlenflözen von oligocänem und miocänem Alter, die, von riesigen Eruptivmassen von Basalt begleitet, namentlich im Nordwesten, am südlichen Abbruche des Erzgebirges, erscheinen.

Von besonderem Interesse ist das Verhältnis der böhmischen Masse und des ihr vorliegenden Beckens zu den Randgebirgen im Norden und Osten, namentlich zu den Sudeten und zum Erzgebirge. Auf dem großen archäischen Massiv und selbst auf den Schichtköpfen der innerböhmischen kambrisch-silurischen Synklinale liegen die Schichten der produktiven Kohlenformation in

Digitized by Google

ziemlich ungestörten Schichten; um so mehr ist das mit den Ablagerungen des Pläners und Quadersandsteins der Fall. Wir haben es also hier mit einer Scholle der Erdrinde zu thun, die seit außerordentlich langer Zeit keine größeren Bewegungen mehr mitgemacht hat. Dagegen sehen wir die Kreideschichten am Rande der Sudeten und des Erzgebirges noch gestört und aufgerichtet. Diese beiden Randgebirge waren also noch in einer ziemlich späten Zeit von Faltungsbewegungen betroffen; sie stellen, wenn auch an sich keine jungen Kettengebirge, doch der uralten böhmischen Masse gegenüber ein erst später beruhigtes Gebiet dar, das auch wahrscheinlich früher in tieferem Niveau lag als die innerböhmische Region. Die Richtigkeit dieser Annahme geht für die Sudeten schon daraus hervor, daß hier die Reihenfolge der marinen Ablagerungen weit vollständiger ist als im Inneren Böhmens. Wir finden hier mittleres und oberes Devon, den unteren Teil der Kohlenformation, mittleren und oberen Jura als Meeresabsätze entwickelt, und wahrscheinlich war selbst zur Zeit des oberen Jura und der oberen Kreide das ganze Sudetengebiet oder wenigstens sein größter Teil unter Wasser. Allerdings würden wir in den höheren Gebirgsregionen vergebens nach Ablagerungen dieses Alters suchen. Sie sind hier durch Denudation entfernt worden, wie das aus der sehr sonderbaren Lagerung des Jura am südlichen Fuße des Riesen- und Isergebirges in Böhmen und Sachsen hervorgeht. Hier finden sich bei Hohnstein, Weinböhla, Kaa, Sternberg und einigen anderen Orten beschränkte Vorkommnisse von Jura, die seltsamerweise unter Granit liegen und von diesem bedeckt werden. Wichtig war der Nachweis, daß der Jura seinerseits auf überkippten Schichten der oberen Kreide aufruht: also ein in größtem Maße überstürztes Schichtsystem. Es ist keine andere Erklärung möglich, als daß wir es in diesem Jura mit den letzten Resten einer sonst überall zerstörten Bildung zu thun haben, von der sich nur bescheidene Trümmer der Vernichtung da entziehen konnten, wo sie vom Granit überlagert und durch diese widerstandskräftige Decke geschützt waren. Wo die Sudeten an den böhmischen Kessel anschließen, ist die Grenze verhältnismäßig einfach. Verwickelter aber gestalten sich die Beziehungen weiter im Süden, wo sie mit den archäischen Gesteinen der böhmischen Masse zusammentreffen. Hier geht die Richtung der Sudetengrenze allmählich aus einer nordwestlichen in eine nordsüdliche über. Die archäischen Gesteine der alten Masse sind von einem Saume von Rotliegendbildungen umgeben, und gegen diese stoßen (nach Sueß) in einer großen Bruchlinie, aus der die Massen des Brünner Syenits hervorgetreten sind, der Reihe nach die einzelnen sudetischen Ablagerungszonen ab, die verschiedenen Horizonte des Devons und der Kulm. Gegen außen, gegen Osten und Nordosten, verflachen die Sudeten mehr und mehr. Als ihre Fortsetzung und ihr Vorland können die Vorkommnisse älterer Gesteine in Schlesien, in der Gegend von Krakau und im Südwesten von Russisch-Polen angesehen werden; als ein letzter Ausläufer nach Osten tritt noch das kleine Gebirge von Sandomir und Kielce in Polen hervor, wo wir eine reiche Entwickelung des Devons, Zechsteins und oberen Jura finden. Dann versinken die älteren Gesteine unter den jüngeren Bildungen der Ebene; und wo wir solche im Osten wieder treffen, haben wir es schon mit dem ganz abweichenden Typus der russischen Tafel zu thun.

Ein wesentlich anderes Bild als die Sudeten bietet das Erzgebirge, das Böhmen nach Nordwesten abschließt. Herrschte in der böhmischen Masse und in den Sudeten wesentlich eine nordwest-südöstliche Richtung vor, so tritt uns hier die südwest-nordöstliche Streichung entgegen; die sudetische Richtung schwenkt hier in die erzgebirgische Richtung um, die dann überall in den mitteldeutschen Gebirgen vorherrscht. Das Erzgebirge stellt der Hauptsache nach ein plateauartig geformtes Gebilde aus stark abradierten Falten von archäischen und altpaläozoischen Schichten dar; über diese haben sich vielfach übergreifend Ablagerungen von oligocänen Braunkohlengesteinen gebreitet. Die Gipfelentwickelung im Erzgebirge ist gering, die bedeutendsten Höhenpunkte erheben sich nur verhältnismäßig wenig über ihre Umgebung. Gegen Sachsen zu ist der Abfall

Digitized by Google

ziemlich sanft und verflacht sich hier allmählich in das sächsische Becken; gegen Böhmen dagegen bricht das Erzgebirge mit einem gewaltigen Steilabsturz ab: hier ist seine Fortsetzung an einer riesigen Verwerfung in die Tiefe gesunken. Südlich davon haben sich in dem Senkungsfelde die bedeutendsten Braunkohlenablagerungen Böhmens gebildet, deren fossiler Brennstoff weithin die Elbe hinab bis nach Hamburg verfrachtet wird. In diesem Bruchgebiete treten auch die gewaltigen Eruptivmassen von Basalt auf, die das böhmische Mittelgebirge charakterisieren; und demselben Lande entsteigen als ein letzter Überrest ehemaliger vulkanischer Thätigkeit zahlreiche heiße Quellen, die weltberühmten Thermen von Karlsbad, Teplitz und den anderen böhmischen Bädern. Im Süden liegt jenseits dieser Einsenkung dem Erzgebirge das gleichfalls aus archäischen Gesteinen zusammengesetzte Karlsbader Gebirge gegenüber; und man darf wohl annehmen, daß beide ursprünglich miteinander in Zusammenhang waren und erst später die zwischen beiden gelegene Tiefung durch Einbruch entstanden ist: eine Grabenversenkung also. Treffend vergleicht Penck diese mit dem Rheinthale, das zwischen den beiden alten Massen, den Vogesen und dem Schwarzwald, eingesunken ist. Den äußersten westlichen Eckpfeiler der Umrandung Böhmens bildet das Fichtelgebirge, ein Bergsystem von äußerst verwickeltem Bau, dessen nähere Kenntnis wir Gümbel verdanken, und das namentlich dadurch ausgezeichnet ist, daß in ihm die Falten die Richtung des Erzgebirges und die Verwerfungen die des bayrisch-böhmischen Waldes einhalten. Das Fichtelgebirge und das Westende des Erzgebirges bilden nicht nur die westliche Ecke des böhmischen Vierecks, sie stellen auch den Ausgangspunkt für ein anderes wichtiges orographisches Glied dar: den sogenannten mitteldeutschen Gebirgsriegel, die Schwelle von waldigen Bergzügen, die den Norden Deutschlands vom Süden trennen.

Diese Bergregion ist allerdings durchaus kein einheitliches Gebirge in geologischem Sinne, sondern sie setzt sich aus sehr verschiedenartigen Gliedern zusammen. Das Zentrum bilden von Osten her der Frankenwald und der Thüringer Wald, nach Nordwesten gerichtete alte Horste. Im Westen besteht die Hauptmasse aus dem Rheinischen Schiefergebirge mit seinen zahlreichen untergeordneten Gliedern auf beiden Seiten des Rheines. Dazu treten von Süden her hohe Ausläufer des süddeutschen Stufenlandes, vor allen die Rhön, in denen namentlich Buntsandstein und in zweiter Linie Muschelkalk, vergesellschaftet mit gewaltigen Basalteruptionen, bedeutende Erhebungen ausmachen. Nördlich vom Thüringer Walde folgen eine weniger hohe Triaslandschaft und dann wieder Gebirge mit gestörten Schichten, vor allen der Harz mit seinen Ausläufern. An diesen schließt sich das subhercynische Hügelland an, ein von Südsüdosten nach Nordnordwesten verlaufender Komplex ziemlich niedriger Berggruppen, zu denen die Vorhöhen des Harzes, ferner Hils, Deister, Süntel, Wiehengebirge und Teutoburger Wald gehören. Immer flacher werdend, verlieren sich endlich die Ausläufer dieser Wellen nach Norden und Osten unter die jungen Gebilde der großen Ebene. Thüringer Wald und Frankenwald sind Horste, die beiderseits durch Bruchsysteme in nordwestlicher Richtung ihre Haupterstreckung erhalten, während die Schichtzonen des Gebirges nordöstlich streichen. Altkristallinische Schiefer, kambrische, silurische und devonische Ablagerungen, ausgedehnte permische und triadische Bildungen sowie porphyrische und verwandte Massengesteine nehmen den wesentlichsten Anteil an dem Aufbau, während jüngere, namentlich jurassische Schichten, die früher ohne Zweifel vorhanden waren, durch Denudation zerstört und fortgeführt worden sind. Einen zweiten mächtigen Horst stellt der Harz dar, der prall aus dem umgebenden niedrigeren Land aufsteigt. Allerdings sind an dem Fuße des Gebirges selbst verhältnismäßig noch sehr junge Ablagerungen, die oberste Kreide, stark aufgerichtet; ja nach Beyrich zeigen sich selbst in den Sanden der oligocänen Braunkohlenschichten noch sehr merkwürdige Störungen. Wenn aber auch noch junge Faltungsbewegungen eingetreten sind, so sind diese doch nicht die wesentlich bedingende Ursache der Hervorragung.

Digitized by Google

Die Granite und die namentlich der devonischen und karbonischen Formation angehörigen Sedimente bilden die eigentliche Masse des Gebirges, an die die jüngeren Bildungen nur wenig hinanreichen. Der Bau des Gebirges, den namentlich Lossen genau untersucht hat, ist sehr verwickelt. Die älteren Ablagerungen, die kristallinischen Schiefer und die paläozoischen Formationen, die die Hauptmasse des Gebirges bilden, sind in derselben Weise wie die des Erzgebirges und des Thüringer Waldes in nordöstlich gerichtete Falten gelegt, während die großen Bruchlinien, die die Haupterstreckung des Gebirges bedingen, gegen Nordwesten gerichtet sind, ebenso wie die jungen Falten am nordöstlichen Fuße des Harzes, die noch eine Störung der jüngsten Kreideschichten hervorbringen. Dasselbe gilt von deren Fortsetzung nach Nordwesten, von den Falten, die, gegen Nordwesten gerichtet, das subhercynische Hügelland, die Höhenzüge des Hils, Deister, Süntel, des Teutoburger Waldes ꝛc. bilden. Das sind niedrige, aber zum Teil energisch gestörte Bergzüge, wo vorwiegend mesozoische Ablagerungen auftreten, teilweise mit großem Versteinerungsreichtum, aber größtenteils von jüngeren Bildungen umhüllt und so ungenügend aufgeschlossen, daß ihre Untersuchung und Entzifferung mit außerordentlichen Schwierigkeiten verbunden ist. Fast alle die reichen Fundorte des Jura und der unteren Kreide und viele der oberen Kreide, die die Fauna dieser Formationen für Norddeutschland geliefert haben, gehören diesem Gebiet an; und Hils, Deister und manche andere dieser kleinen Gebirgsgruppen bilden klassische Lokalitäten. Der äußerste nordwestliche Ausläufer dieses Gebietes ist die Weserkette und der Teutoburger Wald. Nach Norden und Westen tauchen dann die mesozoischen Bildungen unter die Diluvialmasse der Ebene hinab, im Süden schließt sich das westfälische Kreideland an, wo schon eine ganz andere Ordnung der Dinge herrscht.

Vielfach andere Verhältnisse finden wir im westlichen Teile des mitteldeutschen Berglandes. Hier herrscht überall ausschließlich die nordöstliche Richtung vor, die wir schon in den älteren Falten des Erzgebirges, des Fichtelgebirges, des Thüringer Waldes, des Harzes ꝛc. gefunden haben. Zu beiden Seiten des Rheines tritt ein ausdehntes Plateau- und Bergland auf, das ganz dem Nordoststreichen folgt und als das Rheinische Schiefergebirge im weitesten Sinne des Wortes bezeichnet werden soll. Hervorragende Berge und ausgesprochene Kammlinien fehlen diesem seit außerordentlich langen Zeiträumen der Denudation ausgesetzten Gebiete fast ganz. Trotzdem ragt es noch immer über das umgebende Tiefland empor, wie es sich ganze Zeitalter hindurch als Insel aus dem Ozean erhob. Das Rheinische Schiefergebirge, das namentlich seit den Untersuchungen von H. v. Dechen genau bekannt ist, erstreckt sich in großer Breite zu beiden Seiten des Rheines. Auf dem linksrheinischen Ufer grenzt es im Süden an das Pfälzer Gebirge und an das Saarbrücker Kohlenbecken, dessen hohe Bedeutung in technischer und wissenschaftlicher Hinsicht an einer anderen Stelle gewürdigt werden wird. Soonwald, Idarwald, Hunsrück, Hochwald, Eifel, Hohes Venn sind hier die wichtigsten Glieder dieses Hochlandes; seine unmittelbare Fortsetzung gegen Westen bilden in Belgien und bis nach Frankreich fortstreichend die Ardennen. Der rechtsrheinische Gebirgsabschnitt, der Taunus, Westerwald, Siegerland, Sauerland und das westfälische Kohlenrevier umfaßt und nach Norden unter die Decke junger Kreidebildungen hinabtaucht, wird von dem linksrheinischen Gebiet im Süden von Bingen bis etwa in die Gegend von Remagen nur durch die schmale Erosionsrinne des Rheinthales getrennt. Im Norden dagegen tritt die weite niederrheinische Bucht zwischen die beiden Hälften des Gebirges ein, die sich von Eschweiler und Düsseldorf bis oberhalb Bonn als weite ebene Fläche hinzieht, ein Ausläufer der großen norddeutschen Ebene. Weitaus den größten Anteil an dem Aufbau des Schiefergebirges nehmen die überaus mächtigen devonischen Grauwacken, Schiefer und Kalke, die gerade hier den schönsten Typus der Marinentwickelung dieser Formation bieten. Unter den älteren Gesteinen sind namentlich die kristallinischen Schiefer des Hohen Venn

Digitized by Google

zu nennen sowie einige spärliche Silurvorkommnisse in den Ardennen. Von jüngeren Schichten ist das Auftreten der flözführenden Kohlenformation wichtig, die vor allen am Nordrande die großen westfälischen Kohlenbecken sowie die Vorkommen der Umgebung von Aachen, endlich die Belgiens umfassen; von noch jüngeren Bildungen liegt in einigen Gegenden Trias übergreifend auf den Schichtköpfen des abradierten Schiefergebirges. Aus dem Norden her zieht sich obere Kreide über die niedrigeren Ausläufer, und namentlich im Gebiete des Westerwaldes treten ausgedehnte Partien tertiärer Binnenablagerungen vergesellschaftet mit bedeutenden Vorkommnissen basaltischer Eruptivgesteine auf. Auch außerdem sind junge Ausbruchsprodukte im Gebiete des Rheinischen Schiefergebirges in Menge vorhanden und an zahllosen Stellen zerstreut, unter denen namentlich die jungen, der neuesten Periode angehörigen Bildungen der Eifel, der Umgebung des Laacher Sees und der Gegend von Bonn wichtig sind (vgl. Bd. I, S. 213).

Nördlich von den mitteldeutschen Gebirgen breitet sich die weite norddeutsche Ebene aus, deren Oberfläche hauptsächlich aus ganz jungen diluvialen und alluvialen Bildungen besteht. Das Wichtigste, was über die Beschaffenheit dieser Ablagerungen zu sagen ist, wurde schon früher eingehend hervorgehoben. Aus dieser jungen Decke ragen aber auch an vielen Stellen ältere Bildungen hervor, unter denen das Tertiär die erste Rolle spielt. Auch Kreide ist namentlich auf einer Zone verbreitet, die den Norden der Ebene gegen die Ostsee bildet; Jura hat sich in Pommern, Mecklenburg und Ostpreußen gefunden, während Muschelkalk in der berühmten, durch riesige Steinbrüche aufgeschlossenen Scholle von Rüdersdorf auftritt. Schleswig, Jütland und die dänischen Inseln bilden in geologischer Hinsicht die unmittelbare Fortsetzung der norddeutschen Ebene; sie stellen in keiner Weise selbständige Individualitäten dar. Erst in Schweden und Norwegen treffen wir auf durchaus abweichendes und anders gebautes Land.

Wie an den Schwarzwald gegen Osten, so reihen sich an die Vogesen gegen Westen Stufenbrüche, an denen die Ablagerungen nach dieser Richtung in die Tiefe gesunken sind, so daß die jüngeren Bildungen des Muschelkalkes, des Keupers und des Juras am Fuße des aus älteren Gesteinen bestehenden Gebirges liegen. Wir befinden uns hier am Rande eines großen Beckens, in dessen äußeren Teilen die ältesten Glieder hervortreten, während gegen innen immer jüngere Schichten folgen. Von diesem Pariser Becken fassen wir zunächst die äußere Umrandung ins Auge. Eine Anzahl alter Pfeiler fassen es ein und lassen nur verhältnismäßig geringen Raum zwischeneinander übrig, innerhalb dessen sich die jüngeren Ablagerungen im Inneren mit denen im Südosten und Südwesten verbinden. Im Nordosten bilden die Ardennen und das Rheinische Schiefergebirge die Begrenzung; gegen Osten schließen sich die Vogesen an. Den Südrand bildet der größte aller mitteleuropäischen Horste, das Zentralplateau von Frankreich, das von den Vogesen durch eine ziemlich breite Zone jurassischer und cretacischer Ablagerungen, dem Bindeglied zwischen den gleichalterigen Bildungen des Pariser Beckens und denen des Juragebirges und des Rhônebeckens, getrennt wird. Das Zentralplateau von Frankreich besteht vorwiegend aus Gneisen und anderen kristallinischen Gesteinen, zwischen denen mehrfach Denudationsreste jüngerer Bildungen eingeklemmt sind. Weitaus die größte Bedeutung unter diesen haben einige Schollen von Kohlengebirgen bei Saint-Etienne und an anderen Orten, die unter den wenigen bedeutenden Kohlenvorkommnissen Frankreichs eine Hauptrolle spielen. Außerdem sind ausgedehnte Ablagerungen von tertiären Süßwasserschichten zu nennen, die stellenweise eine reiche Ausbeute von Säugetierknochen geliefert haben. Vor allem aber sind die Eruptivgesteine bemerkenswert. Wir haben schon früher gesehen, daß hier große Massen tertiärer Trachyte und Basalte sowie eine Menge junger Krater mit ihren wohlerhaltenen Lavaströmen und Auswürflingen auftreten (vgl. Bd. I, S. 211 und 212). Nordwestlich vom Zentralplateau ziehen sich in breiter Zone Jura und Kreideschichten nach Süden und verbinden so das nordfranzösische Becken mit dem der

Digitized by Google

Garonne im südwestlichen Frankreich. Nach Westen bildet dann die Grenze des Pariser Beckens wieder ein großes Gebiet archäischer Gesteine und älterer paläozoischer Ablagerungen, die armorikanische Masse, die mit westlich bis nordwestlich gerichtetem Schichtenbau einen großen Teil des nordwestlichen Frankreich einnimmt. Die ganze Bretagne und die westlichen Teile von Poitou, Anjou, Maine und der Normandie bestehen aus diesen Gebilden, und diese setzen die beiden nordwestlichen Halbinseln Frankreichs zusammen.

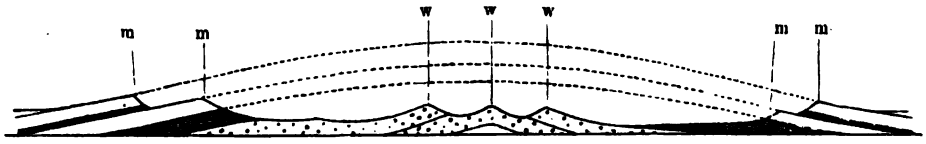
Das Pariser Becken ist eine große Mulde, innerhalb deren man von außen nach innen vorschreitend zu immer jüngeren Schichten gelangt. Mag man von Westen, Süden, Osten oder Nordosten gegen die Mitte zu gehen, so trifft man in der Regel zuerst auf Lias, dann auf mittleren und oberen Jura, auf untere und obere Kreide, bis man im Zentrum auf die wegen der Menge ihrer wohlerhaltenen Fossilreste berühmten eocänen und oligocänen Ablagerungen stößt. Hier sind die Fundstellen der Säugetierknochen, die das Hauptmaterial für die epochemachenden Untersuchungen von Cuvier geliefert haben, die noch immer unerschöpflichen Lagerstätten jener zahllosen Arten von Muscheln und Schnecken, die von Lamarck und Deshayes beschrieben sind.

Besondere Berücksichtigung verdient die Begrenzung des Pariser Beckens nach Norden. Statt der nordöstlichen Gebirgsrichtung der Ardennen und des Rheinischen Schiefergebirges stellt sich im südwestlichen Belgien nordwestliches Streichen ein, das sich in den abradierten Falten des Kohlengebirges im Grenzgebiete von Frankreich geltend macht und bis nach Boulogne sur Mer verfolgen läßt, wo auf nordwestlich streichendem älteren Gebirge mittlerer Jura in übergreifender Lagerung ruht. Wo diese nordwestliche Richtung des älteren Gebirges herrscht, da tritt der sonst allgemein konzentrisch schalige Bau des Pariser Beckens zurück; die jüngeren Ablagerungen scheinen hier abzubrechen. Bei Boulogne erreicht der ältere Rücken das Meer, und von da an gegen Westen streichen die Tertiär-, Kreide- und Juraschichten bis an die Küste hinaus.

Das südliche **England** bildet in seinem geologischen Bau die Fortsetzung des nördlichen Frankreich; die einzelnen Zonen von Ablagerungen lassen sich über den Kanal weg verfolgen, und auch einzelne Störungslinien kehren jenseits wieder. Überhaupt stellt der schmale Meeresarm des Englischen Kanals nur eine unbedeutende seichte Aushöhlung des Bodens dar, und eine geringe Schwankung im Niveau des Meeres reichte hin, die britischen Inseln mit dem Festlande zu vereinigen. Ein Sinken des Meeresspiegels um 40 m ließe schon eine breite Halbinsel von Holland nach dem westlichen England, nach Norfolk und Lincolnshire, trocken, und eine Abnahme des Meeres um 80 m genügte, die ganze westliche und südliche Küste von der schottischen Grenze bis Cornwallis, von Berwick bis Plymouth landfest zu machen, während Irland dabei nur durch eine ganz schmale Halbinsel mit England verbunden wäre. Die alte armorikanische Masse, die die nordwestliche Ecke Frankreichs bildet, setzt sich zunächst in die englischen Kanalinseln Jersey, Guernsey ꝛc. fort, und auf englischem Boden bilden die alten Granite und die paläozoischen Bildungen von Cornwallis ein durch das Meer abgetrenntes Stück desselben Massivs. Wir haben hier die Region der großen Zinnlagerstätten und das Gebiet, von dem der Name der devonischen Formation seinen Ursprung genommen hat. Eine Fortsetzung des alten Gebirges von Cornwallis jenseits des Bristolkanals bilden die Berge von Wales und den angrenzenden Teilen von England. Diese Partie wird nur durch eine unbedeutende Zone jüngerer, vorwiegend triadischer Schichten, die bei Liverpool nordwärts an das Meer hinausstreichen, von einer weiteren großen Entwickelung alter Ablagerungen getrennt, die die Penninkette und den ganzen nordwestlichen Teil Englands zusammensetzen und etwas nördlich von der Mündung des Tees auch die Ostküste erreichen. Diese beiden paläozoischen Gebiete von Wales und von Nordengland gehören zu den in geologischer Hinsicht interessantesten Gegenden. Wales hat die prachtvoll entwickelten Typen der kambrischen und silurischen Formation für Sedgwick, Murchison und ihre Nachfolger geliefert; die

Digitized by Google

Gliederung der Kohlenformation hat von hier ihren Ausgangspunkt genommen. Und die Schätze an fossilem Brennstoff und an Eisenerzen, die die Karbonablagerungen dieses Terrains liefern, haben mehr als irgend ein anderer äußerer Umstand dazu beigetragen, England auf die Stufe von Macht und Reichtum zu heben, die es heute einnimmt. Wie im Pariser Becken an die armorikanische Masse, so schließen sich in England an diese paläozoischen Gebilde jüngere Ablagerungen von mesozoischem und tertiärem Alter in der Weise an, daß Trias, Jura, Kreide und Tertiär der Reihe nach durchschnitten werden in dem Maße, als man sich von dem Rande der alten Gebirge entfernt. So sehen wir den Jura an der Südküste in Dorsetshire beginnen und in einer zusammenhängenden Zone schräg durch die ganze Insel an die Nordostküste, nach Yorkshire, durchstreichen, wo die Formation durch die Menge der in verschiedenen Horizonten eingeschwemmten Landpflanzen ausgezeichnet ist. Dann folgt eine breite Zone von Kreide und dann, den südöstlichsten Teil des Landes großenteils zusammensetzend, das Tertiär, zunächst eocäne und oligocäne Schichten, die wir früher kennen gelernt haben, und darüber die jungen pliocänen Bildungen des Crag. Allerdings ist die Lagerung gerade hier durchaus nicht so regelmäßig wie in den übrigen Teilen des englisch-französischen Beckens, sondern wir finden namhafte Störungen, deren Charakter von größerem, allgemeinem Interesse ist. Man sollte erwarten, daß der ganze südöstliche Teil der Insel



Durchschnitt durch den Weald: m) marine Kreide, w) Wealdenbildungen. (Nach Ramsay.)

aus Tertiär bestehe. In Wirklichkeit ist das aber nicht der Fall, sondern das Tertiärgebiet wird durch einen großen ostwestlich verlaufenden Aufbruch älterer Schichten und zwar von Kreide- und Wealdenbildungen in zwei vollständig getrennte Teile zerlegt, von denen der eine an der Südküste in Dorsetshire und Hampshire liegt, während sich der andere größere, in dessen Zentrum annähernd London steht, aus Suffolk und Essex von der Ostküste weit nach Westen ins Innere des Landes zieht. Der Bau des Landes ist einfach und verständlich. Die obenstehende Abbildung zeigt uns ein flaches Gewölbe, das durch die normalen zerstörenden Kräfte in seiner Mitte denudiert ist; in der Mitte des Gewölbes kommen die ältesten Schichten zum Vorschein, die bekannten Wealdenbildungen, Süß- und Brackwasserablagerungen, die die unterste Kreide repräsentieren und hier in großer Mächtigkeit entwickelt sind. Dieser Komplex, der keine große Widerstandskraft besitzt, bildet teils Flächen, teils ziemlich niedriges, meist sandiges Hügelland; dieses großenteils von prachtvollen Forsten bedeckte Gelände heißt der „Weald" und hat der Wealdenstufe den Namen gegeben. Zu beiden Seiten des Weald ragen die bedeutend festeren und widerstandskräftigen Schichtköpfe der marinen Kreide empor und bilden wegen ihrer geringen Verwitterbarkeit Höhenzüge, die den Weald einsäumen: die South Downs im Süden und die North Downs im Norden; die leichter zerstörbaren Tertiärbildungen treten natürlich noch weiter zurück. An sich bietet das Auftreten eines solchen flachen Gewölbes kein besonderes Interesse, und auch die Denudationserscheinungen sind, wenn auch ziemlich ansehnlich, doch in keiner Weise außergewöhnlich; die Bedeutung dieser Erscheinungen liegt auf einem ganz anderen Gebiete. Wenn wir den Weald, der samt den einsäumenden Höhenzügen auf jeder einigermaßen größeren Karte von England im Süden von London angegeben ist, seiner Lage und Richtung nach mit den Vorkommnissen auf dem Festlande vergleichen, so finden wir, daß er die unmittelbare Fortsetzung jener Störungen darstellt, die wir oben im südwestlichen Belgien und in den anstoßenden Teilen von Frankreich

Digitized by Google

kennen gelernt haben. Ferner haben die in große Tiefe hinabgetriebenen Brunnenbohrungen in London und seiner nächsten Umgebung dargethan, daß hier ein nach Westen gerichteter Rücken älterer Gesteine durchstreicht, auf dem wie bei Boulogne sur Mer mittlerer Jura (Bathstufe) übergreifend liegt. So sehen wir die letzten Ausläufer eines festländischen Gebirgssystems sich über das Meer nach England erstrecken, wo sie vermutlich in den Mendip- und Cottswoldhügeln in der Nähe von Bristol ihr Ende finden.

Die alten paläozoischen Ablagerungen im Nordwesten Englands setzen sich von da aus nach Schottland fort, wo die Gebirge im Süden des Landes hauptsächlich aus silurischen Schichten und aus altem roten Sandsteine bestehen. Nördlich liegt die schottische Niederung, deren Lage auf der Karte durch die Städte Edinburg und Glasgow bezeichnet ist, ein Gebiet, wo die Kohlenformation vorwiegt und die Kohlenreviere Schottlands liegen. Weiter nach Norden folgt eine Zone von altem roten Sandstein, weiterhin eine ungeheure Masse von kristallinischen Schiefern und unteres Silur, die im Verein mit einer großen Zahl von Granitpartien die schottischen Hochlande zusammensetzen. Gneise jedoch von der Beschaffenheit, wie sie in der Regel die ältesten Teile der archäischen Vorkommnisse bilden, fehlen in dieser Gegend, sie treten nur weiter im Westen auf den äußeren Hebrideninseln und im Norden auf den Shetlandinseln auf, während in den Hochlanden namentlich Glimmerschiefer und Gneise jüngeren Aussehens dominieren. Im äußersten Nordosten von Schottland treten wieder ausgedehnte alte rote Sandsteine auf, die auch die Orkney-Inseln zusammensetzen und gerade in dieser Region eine Menge schöner Reste von Fischen und Eurypteriden geliefert haben. Von jüngeren Ablagerungen sind einige ziemlich kleine Vorkommnisse von Jura und oberer Kreide zu erwähnen, die an der Ostküste des nördlichen Schottland und auf den inneren Hebriden zwischen altem Gestein oder Basaltmassen eingeklemmt vorkommen und namentlich darum wichtig sind, weil sie nur die letzten Denudationsreste von ehemals offenbar weit verbreiteten, aber fast ganz zerstörten Ablagerungen darstellen. Endlich sind noch von Wichtigkeit große und ausgebreitete Massen von Basalten, die in Schottland, namentlich an den Ufern des Tweed, in dem zentralen Kohlenkalk- und Devongebiete, ferner auf Arran und auf den inneren Hebriden Mull und Skye eine Rolle spielen.

Ein wesentlich anderes Bild als die größere Nachbarinsel bietet Irland, dessen Bau seltsam ist. Fast das ganze Zentrum der Insel und mindestens die Hälfte ihrer Oberfläche wird von marinem Kohlenkalk eingenommen, während flözführende Karbonschichten nur wenig vorkommen und dadurch eine bedeutende wirtschaftliche Inferiorität England und Schottland gegenüber bedingt wird. Aus dem Kohlenkalk ragen einige ältere Aufbrüche von altem roten Sandstein, von Silur und kristallinischen Schiefern hervor, und außerdem ist die große Kohlenkalktafel des Inneren an den Küsten fast nach allen Seiten von älteren, stärker aufgerichteten Ablagerungen eingesäumt, vorwiegend kristallinischen Schiefern, Graniten, Silur und Devon, die die Bergregionen im Norden, Westen, Süden und Südosten zusammensetzen; mitten zwischen stark gestörten und gefalteten Schollen hat sich der Kohlenkalk, in der Mitte nur wenig bewegt, als ein Tiefland erhalten. Nur im äußersten Norden treten auch einige beschränkte Partien von jüngeren Schichten mesozoischen Alters, etwas Trias, dürftige Spuren von Jura und eine Anzahl Bruchstücke einer Kreidezone auf. All diese Schichten haben sich wie manche Juravorkommnisse in Schottland nur dadurch der vollständigen Denudation entzogen, daß sich darüber eine mächtige Decke harter tertiärer Basalte ausbreitete, unter deren Schutz sie der Zerstörung entgingen. In Irland ebenso wie in Schottland treten die ausgedehnten Massen und Decken von Basalt auf, die dem jüngeren Tertiär angehören und mit pflanzenführenden Schichten dieses Alters in Verbindung stehen. Sie sind aber nicht auf diese Region beschränkt, sondern im nördlichsten Teile des Atlantischen Ozeans weithin verbreitet; nördlich von Schottland liegt unter dem 62. Grade nördlicher

Digitized by Google

Breite die bedeutende Inselgruppe der Färöer, die ganz aus Basaltdecken und Tuffen mit Einlagerungen von Braunkohle und fossilen Landpflanzen besteht. Auch die große Insel Island ist durchaus nicht etwa eine moderne Aufschüttung, sondern sie besteht in der Hauptsache aus etwa der Mitte der Tertiärzeit angehörigen Eruptivmassen und Braunkohlenablagerungen, dem Surturbrandr, die nach ihren Pflanzenresten dem Miocän entsprechen dürften. Und ähnliche Gebilde treten an mehreren Punkten der westlichen und östlichen Küste von Grönland, an den Rändern dieses uralten, heute von Eismassen überdeckten Klotzes von kristallinischen Gesteinen auf.

Die Tempelberge auf Spitzbergen. (Nach Originalzeichnung von Prof. W. Kükenthal)

Man hat aus einer solchen Verbreitung nahe miteinander verwandter und annähernd gleich alter Gesteinsmassen mit Braunkohlen und Landpflanzen geschlossen, daß man es mit den Überresten einer alten Landmasse zu thun habe, die um die Mitte der Tertiärzeit das nordwestliche Europa mit Grönland und dem nordöstlichen Nordamerika verbanden; und in der That (vgl. S. 415) ergeben sich auch aus der Verbreitung der miocänen Meeresablagerungen Anhaltepunkte, die diese Meinung stützen. Ganz anders ist Spitzbergen gebaut, das in neuerer Zeit namentlich durch die skandinavischen Expeditionen erforscht worden ist. Hier haben wir stark aufgerichtete Schichten und schroffe Gebirge (s. obenst. Abbild.), in denen alter roter Sandstein, Kohlenformation, permische Schichten, Trias, Jura mit zahlreichen Versteinerungen sowie Tertiär auftreten.

Wir haben noch ein Gebiet des westeuropäischen Schollenlandes zu besprechen, das Gebirge, das den Westrand von Norwegen bildet. Hier finden sich nicht nur die archäischen Schiefer, sondern auch die kambrischen und silurischen Ablagerungen stark gestört, gefaltet und aufgerichtet. Stellenweise haben die versteinerungsführenden Ablagerungen ganz kristallinische Struktur angenommen, und namentlich in der Umgebung von Bergen treten in den Glimmerschiefern,

Digitized by Google

Gneisen, in Quarziten und kristallinischem Marmor silurische Trilobiten, Brachiopoden, Korallen 2c. auf (vgl. Bd. I, S. 661). Nur der westliche Gebirgsrand der skandinavischen Halbinsel kennt solche Verhältnisse. In den östlicheren Teilen tritt dagegen allenthalben das archäische Gebirge mit horizontal aufgelagerten Schollen von kambrischem, silurischem und teilweise auch jüngerem Alter auf. Wie Sueß hervorhebt, findet sich hier die Grenze zwischen der westeuropäischen und der osteuropäischen Entwickelung; was weiterhin folgt, das östliche Norwegen und Schweden, gehört schon in den Bereich der großen Tafel, worin seit Beginn der paläozoischen Periode keine nennenswerte Veränderung mehr Platz gegriffen hat.

Ehe wir dies Gebiet besprechen, müssen wir nochmals einen Blick auf die Gesamtheit des westeuropäischen Schollenlandes werfen. Wir haben darin eine verwirrende Menge von alten Massen, abgestuften Tafeln, Senkungsfeldern 2c. gefunden, die scheinbar in vollster Unordnung durcheinander gewürfelt sind, und müssen versuchen, in diesem Chaos einen leitenden Faden zu entdecken. Ein solcher ist in der That darin gegeben, daß in vielen voneinander getrennten Gebirgsstücken übereinstimmende Richtung der alten Falten herrscht. Dadurch wird die Ansicht nahe gelegt, daß sie ursprünglich einem zusammenhängenden und einheitlichen Gebirge angehörten, das später durch Einbruch großer Stücke in mehrere Horste zerfiel. Sueß hat diesen Gegenstand näher verfolgt und die ehemaligen Gebirge Europas zu rekonstruieren gesucht, und danach wollen wir uns ein Bild unseres Erdteils in jener längst verflossenen Zeit entwerfen.

Wenn wir in erster Linie das Alter der Gebirgsbewegungen ins Auge fassen, so können wir drei Hauptabschnitte unterscheiden. Einige wenige Teile des mitteleuropäischen Schollenlandes sind schon gegen Ende der Silurzeit gefaltet worden und scheinen seither keine merkliche Aufrichtung mehr erlitten zu haben: das gilt von den schottischen Hochlanden und den Hebriden sowie von der großen irischen Tafel, wo die devonischen Ablagerungen ungestört über den Schichtköpfen archäischer, kambrischer und silurischer Gesteine liegen. Ein zweites derartiges uraltes Gebiet bilden der Bayrische und der Böhmerwald, die jedenfalls schon vor Beginn der Kohlenformation aufgerichtet und in hohem Grade denudiert waren. Es sind das zwei Fragmente von uraltem Gebirge, die wir mit keinem anderen Stücke Landes in Zusammenhang bringen können, die vereinzelt und fremd neben jüngeren Schollen der Erdrinde stehen. Von viel größerer Bedeutung ist eine zweite Periode der Aufrichtung, die in die letzten Abschnitte der Kohlenformation und auf die Grenze gegen die permische Periode fällt und von derselben Bedeutung gewesen zu sein scheint wie die ungefähr in die Mitte der Tertiärzeit fallende Aufrichtung der alpinen Kettengebirge. Hierher gehören mit Ausnahme des bayrisch-böhmischen Grenzgebirges all die alten Horste Deutschlands: in erster Linie Erzgebirge, Fichtelgebirge, Thüringer Wald, Frankenwald, Harz, Rheinisches Schiefergebirge und Ardennen, Schwarzwald und Vogesen. In all diesen Gebirgsschollen erstreckt sich die Richtung der alten Falten annähernd von Südwesten nach Nordosten; auch da, wo der Umriß des Gebirges, durch spätere Brüche verändert, eine andere Längenerstreckung zeigt, wie das bei Schwarzwald, Vogesen, Harz und Thüringer Wald der Fall ist. Wenn wir nun ferner die Lage der einzelnen Gesteine in diesen Horsten ins Auge fassen, so sehen wir, daß die Hauptmasse der archäischen Bildungen dem südöstlichen Teile der ganzen Zone angehört. Schwarzwald, Vogesen, Fichtelgebirge, Karlsbader Gebirge, Erzgebirge sind durch die Massen ihrer uralten Gneise und Granite ausgezeichnet, während die Hauptentwickelung der verhältnismäßig jüngeren, paläozoischen Ablagerungen nach Nordosten, in das Rheinische Schiefergebirge, in den Harz, den Thüringer und Frankenwald fällt.

Wir werden hierdurch dazu geführt, all diese heute isolierten Massen als Bruchstücke eines gewaltigen, einseitig gebauten, von Südosten nach Nordosten streichenden Gebirges aufzufassen: Erzgebirge, Fichtelgebirge, Schwarzwald und Vogesen entsprechen der kristal-

Digitized by Google

linischen Zone der Kette, während das Rheinische Schiefergebirge, der Harz, der Thüringer Wald ꝛc. der sedimentären Außenzone angehören. Damit ist aber die Ausdehnung dieses alten Gebirges nicht erschöpft. Noch über die Vogesen hinaus läßt sich das nordöstliche Streichen des alten Gebirges bis in die östlichen Teile des Zentralplateaus von Frankreich verfolgen. Anderseits aber sehen wir im Nordosten, in Sachsen und dem anstoßenden Teile von Böhmen, das Ende des Erzgebirges mit dem Lausitzer Gebirge in nahe Verbindung treten; es erfolgt eine einfache Umbiegung in die sudetische Richtung, die Sudeten bilden den nach Südosten gekrümmten Schenkel desselben großen Gebirgsbogens. Wir haben uns also ungefähr zu Anfang der permischen Formation ein mächtiges alpines Hochgebirge zu denken, das im Zentrum von Frankreich begann und sich von da in einem mächtigen Bogen durch Mitteldeutschland zog und in Mähren und Österreichisch-Schlesien sein Ende gefunden zu haben scheint. Wir haben in diesem „variskischen[1] Hochgebirge" die Alpen der damaligen Zeit, die allerdings schon im Verlaufe der permischen Formation in großartigstem Maße abgetragen und zerstört wurden, da schon die Sedimente der Trias auf den Höhen des Schwarzwaldes wie auf den abradierten Falten des Rheinischen Schiefergebirges liegen. Das süd- und mitteldeutsche Stufenland mit seinen triadischen und jurassischen Ablagerungen bezeichnet uns einen riesigen Einbruch, worin ein großes Stück des variskischen Hochgebirges in die Tiefe gesunken ist.

Ähnliche Verhältnisse finden wir auch weiter im Westen. In derselben Weise entsprechen die uralten Gneismassen, die den westlichen Teil des Zentralplateaus von Frankreich, die Bretagne und die anstoßenden Gebiete, zusammensetzen und in Spuren auch im südwestlichen England auftreten, der kristallinischen Zone eines derselben Periode angehörigen Hochgebirges, dessen sedimentäre Zonen durch die paläozoischen Ablagerungen in Cornwallis und Devonshire, die im Untergrunde von London und bei Boulogne nachgewiesenen paläozoischen Bildungen und durch die westliche Hälfte des Kohlengebirges im nordöstlichen Frankreich und in Belgien angedeutet sind. Die übrigen Teile sind unter den jüngeren Schichten des Londoner und Pariser Beckens und unter dem Kanal verborgen, während eine weitere Fortsetzung nach Westen in die Tiefe des Atlantischen Ozeans hinabgebrochen zu sein scheint. Dieses „armorikanische[2] Hochgebirge" ist im äußersten westlichen Teile seines Verlaufes von Westsüdwesten nach Ostnordosten gerichtet, biegt sich dann nach Osten um und nimmt endlich für den größten Teil seines uns bekannten Verlaufes südöstliches Streichen an. So trafen damals auf einer Linie, die in Frankreich aus der Gegend von Valenciennes nach den Quellen der Dordogne verläuft, zwei gewaltige Hochgebirgsbogen, der variskische und armorikanische, fast unter rechtem Winkel aufeinander, ähnlich, wenn auch minder großartig, wie heute die Systeme des Hindukusch und Himalaya in der großen indischen Scharung (vgl. unten, S. 531). Die Region der Erdrinde, in der damals große gebirgsbildende Kräfte thätig waren, lag in Europa nahe dem Gebiete, wo in weit späterer Zeit die jüngsten großartigen Faltungen, die Aufrichtung der Alpen und Pyrenäen, vor sich gingen: der Schauplatz der Gebirgsbildung ist etwas nach Süden verlegt. Die Entstehung des variskischen und des armorikanischen Hochgebirges in der zweiten Hälfte der paläozoischen Zeit schließt aber die Faltenbildung im Gebiete des mitteleuropäischen Schollenlandes nicht ab. Die Faltung des Weald in England, des subhercynischen Hügellandes, die Überschiebung des Granits über Jura und obere Kreide in den Sudeten gehören zu diesen jüngeren Bewegungen, die bis ins Tertiär hineinreichen, aber an Bedeutung weit hinter jenen früheren zurückbleiben. Auffallend ist dabei,

[1] Nach dem germanischen Stamme der Varisker, der seinen Sitz in der Umgebung von Hof in Bayern und in der Gegend des Fichtelgebirges hatte.

[2] Nach den Armorikern, den alten keltischen Einwohnern der Bretagne.

Digitized by Google

daß diese jüngere Faltungsrichtung des subhercynischen Hügellandes, das räumlich in das Gebiet des variskischen Gebirges fällt, doch die Richtung der armorikanischen Falten einhält. Und ebenso streichen die mit ihnen in naher Beziehung stehenden Bruchlinien, die Harz, Thüringer Wald und Frankenwald abgrenzen: es ist, als ob in späterer Zeit die armorikanische Richtung in das Gebiet der variskischen übergegriffen hätte.

Die russisch-skandinavische Tafel und Sibirien.

In den norwegischen Randgebirgen sind, wie wir oben (S. 521) gesehen haben, die paläozoischen Ablagerungen mächtig aufgerichtet und gestört. Weiter gegen Osten im Inneren des Landes hört das auf. Der größte Teil des Bodens ist aus uralten archäischen Gesteinen gebildet, aus Graniten, Gneisen ꝛc., und auf diesen ruhen alle fossilführenden Ablagerungen in vollständig horizontalen Schichten. Die größte Verbreitung erlangen kambrische und silurische Bildungen, deren Beschaffenheit wir schon früher bei der Schilderung der älteren paläozoischen Formationen kennen gelernt haben. Nehmen sie auch heute noch einen ansehnlichen Flächenraum ein, so sind sie doch außerordentlich denudiert, nur noch die Reste einer früher viel bedeutenderen Verbreitung. Jüngere Sedimente der obersten Trias, des Jura und der Kreide sind fast ganz auf das südlichste Schweden beschränkt. Finnland besteht ganz aus alten kristallinischen Gesteinen, die sich von da aus nach Norden bis ans Eismeer und an das Weiße Meer erstrecken, vielfach von Diluviallehm gedeckt, durch die Bewegung des diluvialen Inlandeises abgeschliffen und namentlich in Finnland selbst mit zahllosen verzweigten Seen bedeckt, die ein förmliches Labyrinth bilden und einen Flächenraum von mehr als 20,000 qkm einnehmen. Erst südlich vom Finnischen Meerbusen treten wieder fossilführende Ablagerungen auf und zwar gegen Norden zunächst kambrische und silurische Bildungen, die namentlich in Esthland große Ausdehnung gewinnen und sich von hier nach Osten über Petersburg an das Südufer des Ladogasees und von da noch etwas weiter nach Norden ziehen. Außer dieser Hauptmasse kommen noch einzelne, zum Teil große Schollen, z. B. in Kurland südlich von Mitau, vor. Auch die Inseln, die der kurischen und esthnischen Küste vorliegen, wie Ösel und Dagö, bestehen aus silurischen Gesteinen, und namentlich Ösel ist durch den Reichtum an Resten von Fischen und großen Krustaceen aus der Abteilung der Eurypteriden ausgezeichnet (s. die Abbildung von Eurypterus Fischeri, S. 80). Diese Vorkommnisse nähern sich räumlich wieder den Inseln an der schwedischen Küste: Gotland, das durch den wunderbaren Versteinerungsreichtum seiner obersilurischen Korallenkalke hervorragt, ferner Öland. Dadurch wird es wahrscheinlich, daß alle diese heute getrennten Ablagerungen die Überreste einer ursprünglich überaus ausgedehnten Schichtmasse darstellen, die aus der Gegend des Wener- und Wettersees in Schweden über die Ostsee und ihre Küstengebiete bis an den Ladogasee und vermutlich noch weiter reichte.

Was die Silurablagerungen Rußlands für jeden, der an mitteleuropäische Verhältnisse gewöhnt ist, besonders charakterisiert, ist ihre vollständig regelmäßig horizontale Lagerung, die wir ähnlich allerdings schon in Schweden getroffen haben, aber hier uns aus zweierlei Gründen auffällt: einerseits wegen der größeren Ausdehnung dieser Gebilde, anderseits wegen ihrer Gesteinsbeschaffenheit, die sich weit von allem entfernt, was man sonst in alten Formationen zu treffen gewohnt ist. Neben festen Kalken findet man am verbreitetsten in der Umgebung von Petersburg plastische Thone, die sich von solchen tertiären Alters nicht wesentlich unterscheiden, lose Sande und lockere Sandsteine, und mit Staunen sammelt man darin die Reste aus den ältesten Phasen, deren organisches Leben man überhaupt näher kennt. Gegen Süden werden

Digitized by Google

die silurischen Schichten von Devon bedeckt, das ungleich größeren Flächenraum einnimmt. Eine große, zusammenhängende Masse bildet diese Formation in Livland, Kurland und den östlich angrenzenden russischen Gouvernements; und von da erstrecken sich zwei breite Züge, der eine nach Nordosten bis an das Eismeer, der andere nach Südosten bis an den Don. Gegen Süden versinken die devonischen Bildungen unter einer mächtigen Decke von diluvialen Ablagerungen, aus denen weiterhin nur stellenweise Schollen von oberer Kreide hervorragen. Erst weit im Süden, im östlichsten Teile von Galizien, in der nördlichen Bukowina und in den angrenzenden Teilen von Podolien, zeigen sich unter der jungen Decke wieder alte Gesteine. Wo die Flüsse, der Dnjestr, der Pruth 2c., ihre tiefen Betten in die ebene Fläche eingeschnitten haben, da tritt unter dem Diluvium obere Kreide, bisweilen oberer Jura und darunter Devon hervor: die wenigen Ablagerungen aus den weit auseinander liegenden Zeiträumen, in denen ein übergreifendes Meer diese Tafel überflutete. Die silurischen Ablagerungen am Dnjestr sind ähnlich entwickelt wie die des Ostseegebietes; und wahrscheinlich reicht eine zusammenhängende oder nur durch Denudation etwas angegriffene Decke altpaläozoischer Ablagerungen von der Ostsee bis an den Rand der Karpathen. Dieselbe mächtige Ausbreitung diluvialen Lehmes läßt auch in den Gegenden Rußlands, die auf den geologischen Karten in der Regel als Silur-, Devon-, Kohlenformation, Jura 2c. eingezeichnet sind, diese älteren Formationen meist nur geringen Raum an der Oberfläche einnehmen. Auch hier wird sie durch junge Bildungen, durch Lehm mit nordischen Geschieben, an anderen Orten durch schwarze Erde (Tschernosem), verdeckt, und die älteren Schichten treten nur an ganz vereinzelten Aufschlüssen, meist dort hervor, wo die Flüsse tief einschneiden.

Nach Osten schließen sich im Inneren von Rußland außerordentlich ausgedehnte Ablagerungen der Kohlenformation an, deren Verhältnisse schon früher geschildert worden sind (vgl. S. 155); ihr stärkstes Vorkommen gruppiert sich um Moskau, von wo sich ein Ausläufer nach Norden bis an das Eismeer erstreckt. Den gewaltigen Raum zwischen diesem Karbonvorkommen im Westen und dem Ural und den Timanbergen im Osten nehmen die bunten Mergel und marinen Kalke ein, die den Typus der permischen Formation Murchisons bilden. Hier findet sich nach unten ein Wechsel von bunten Mergeln und Sandsteinen mit Kalken, die eine Zechsteinfauna enthalten; in höherem Niveau folgen ganz fossilleere bunte Ablagerungen, die nach der Ansicht vieler Geologen schon zur Trias gehören. Sollte sich diese Ansicht nicht bestätigen, so hätten wir in dem ganzen ungeheuern Ländergebiete des europäischen Rußland keinen anderen Vertreter der Trias als die Ablagerungen des großen Bogdo, eines vollständig isolierten Berges, der aus der unermeßlichen astrachanschen Steppe östlich von der unteren Wolga hervorragt. Da östlich von der großen permischen Fläche im Ural die älteren Formationen Karbon, Devon und Silur wieder zum Vorschein kommen, weil hier die Schichten aufgerichtet sind, so dürfen wir daraus schließen, daß diese in dem ganzen innerrussischen Gebiet in ungestörtem Zusammenhang den Untergrund bilden.

Übergreifend über all die paläozoischen Schichten breitet sich der obere Jura und die mit ihm aufs innigste verbundene untere Kreide (unteres Neokom, oberster Teil der Wolgastufe; vgl. S. 257 und 293) aus. Sie nehmen im mittleren und nordöstlichen Rußland großen Flächenraum ein und erstrecken sich in zahlreichen größeren und kleineren Schollen nach Süden bis in die Gegend von Kiew und an die untere Wolga und nach Westen bis Smolensk. Offenbar aber sind auch das nur die Denudationsreste einer ursprünglich über das ganze innerrussische Gebiet ausgedehnten Ablagerung.

In den südlicheren Teilen von Rußland nimmt eine Formation, die im Norden nicht verbreitet scheint, die obere Kreide, großen Raum ein. Aus Wolhynien zieht sich ferner bis an das Asowsche Meer ein breiter Zug von alten kristallinischen Gesteinen, den der Dnjepr in seinen

Digitized by Google

berühmten Stromschnellen durchbricht; und nordöstlich schließt sich daran das schon früher erwähnte Kohlengebiet am Donez an (vgl. S. 155), das in seinem Bau insofern wesentlich von den normalen Verhältnissen der russischen Tafel abweicht, als die Ablagerungen hier gestört und aufgerichtet sind. Ganz im Süden breitet sich am Rande des Schwarzen Meeres im nördlichen Teile der Krim und vom nördlichen Fuße des Kaukasus und dem Kaspischen Meere weithin nach Norden ein weites Tertiärgebiet aus, wo sarmatische und pontische Ablagerungen (vgl. S. 397) sowie junge Bildungen von kaspischem Typus die Hauptrolle spielen.

Die östliche Begrenzung des weiten russischen Gebietes bildet der Ural, dessen südlichen Anfang nördlich vom Aralsee der Hügelzug des Mugodjaren darstellt, ein niedriger Doppelzug altkristallinischer Gesteine, denen obere Kreide in horizontaler Lagerung übergreifend aufruht. Dann folgt der eigentliche Ural, ein niedriges altes Gebirge von einseitigem Bau, das sich nach Norden bis an das Eismeer erstreckt, nachdem sich etwa unter 62° nördlicher Breite das niedrige Timangebirge in nordwestlicher Richtung abgezweigt hat. Im Norden gehört noch die Doppelinsel Nowaja Semlja dem System des Urals an, sie ragt bis etwa zum 77. Grade. Hier schließt dieses mächtige Faltensystem ab. Im höchsten bis jetzt erreichten Norden liegt nördlich von Nowaja Semlja das eisige Franz-Joseph-Land, das durch die kühnen Reisenden Payer und Weyprecht im Jahre 1874 entdeckt wurde. Mächtige Felsmassen umgürten den unwirtlichen Strand (s. die beigeheftete Tafel „Säulenkap auf Franz-Joseph-Land"), wo doleritische Eruptivgesteine eine große Rolle zu spielen scheinen, und von wo Leigh Smith Belemniten von vermutlich jurassischem Alter mitgebracht hat. Auch auf Nowaja Semlja tritt Jura auf. Ob aber zwischen beiden Regionen ein innigerer geologischer Zusammenhang besteht, das läßt sich vorläufig in keiner Weise entscheiden oder auch nur vermuten.

Östlich vom Ural erstreckt sich das gewaltige Ländergebiet von Sibirien; soweit die noch ziemlich dürftigen Nachrichten reichen, scheint der westliche Teil in seinem Charakter mit dem europäischen Rußland eng verwandt zu sein. Dann aber erheben sich Hochländer von bedeutender Höhe: der Altai und eine ganze Welt von wahrscheinlich meist ziemlich alten Gebirgen, die den Baikalsee umgeben, in denen die Quellen des Jenissei, der Lena, des Amur und ihrer wichtigsten Zuflüsse liegen, und die sich bis an den Stillen Ozean und an die nordöstliche Spitze Asiens erstrecken. Ist auch über einzelne Teile dieses weiten Gebietes, namentlich über den Altai, einiges Nähere bekannt, so ist doch der weitaus größte Teil fast eine Terra incognita, so daß einen Überblick darüber zu geben unmöglich ist. Außerordentlich verbreitet sind jurassische Pflanzenschichten. Doch sind an manchen Punkten, überaus weit vom Meer entfernt, z. B. bei Nertschinsk, im Quellgebiete des Amur, am Mittellaufe des Wiluiflusses, auch einzelne marine Jura- und Unterkreidehorizonte vertreten, so daß also zeitweise eine ganz riesenhafte Transgression des Meeres in diesem Gebiete stattfand. Bemerkenswert sind auch außerordentlich versteinerungsreiche Ablagerungen der unteren Trias mit zahllosen Ammoniten an den Ufern des Eismeeres.

Afrika und die vorderindische Halbinsel.

Wenn wir uns nach Süden wenden, um hier die Nachbarregionen der alpinen Gebirge kennen zu lernen, so tritt uns zunächst in dem Vorhandensein großer Meeresflächen eine Schwierigkeit entgegen. Das Mittelländische Meer nimmt allerdings nicht genau die Grenze zwischen den jungen Kettengebirgen und ihrem südlichen Hinterland ein, sondern nur auf einer bestimmten Strecke, von Tunis bis an die syrische Küste. Weiter im Westen greift das Meeresbecken unmittelbar in die alpine Region ein und trennt das nordafrikanische Küstengebirge in Tunis, Algerien und Marokko von den gleich gebauten Gebieten in Europa ab, während die Adria und

Digitized by Google

SAULENKAP AUF FRANZ-JOSEPHS-LAND

UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

berühmten [illegible], und nordöstlich schließt sich daran das schon früher erwähnte [illegible] S. 155), das in seinem Bau insofern wesentlich von den [illegible] abweicht, als die Ablagerungen hier gestört und [illegible] am Rande des Schwarzen Meeres im nördlichen Teile [illegible] Kaukasus und dem Kaspischen Meere weithin nach Norden [illegible] aus, wo sarmatische und pontische Ablagerungen (vgl. S. 397) sowie [illegible] von kaspischem Typus die Hauptrolle spielen.

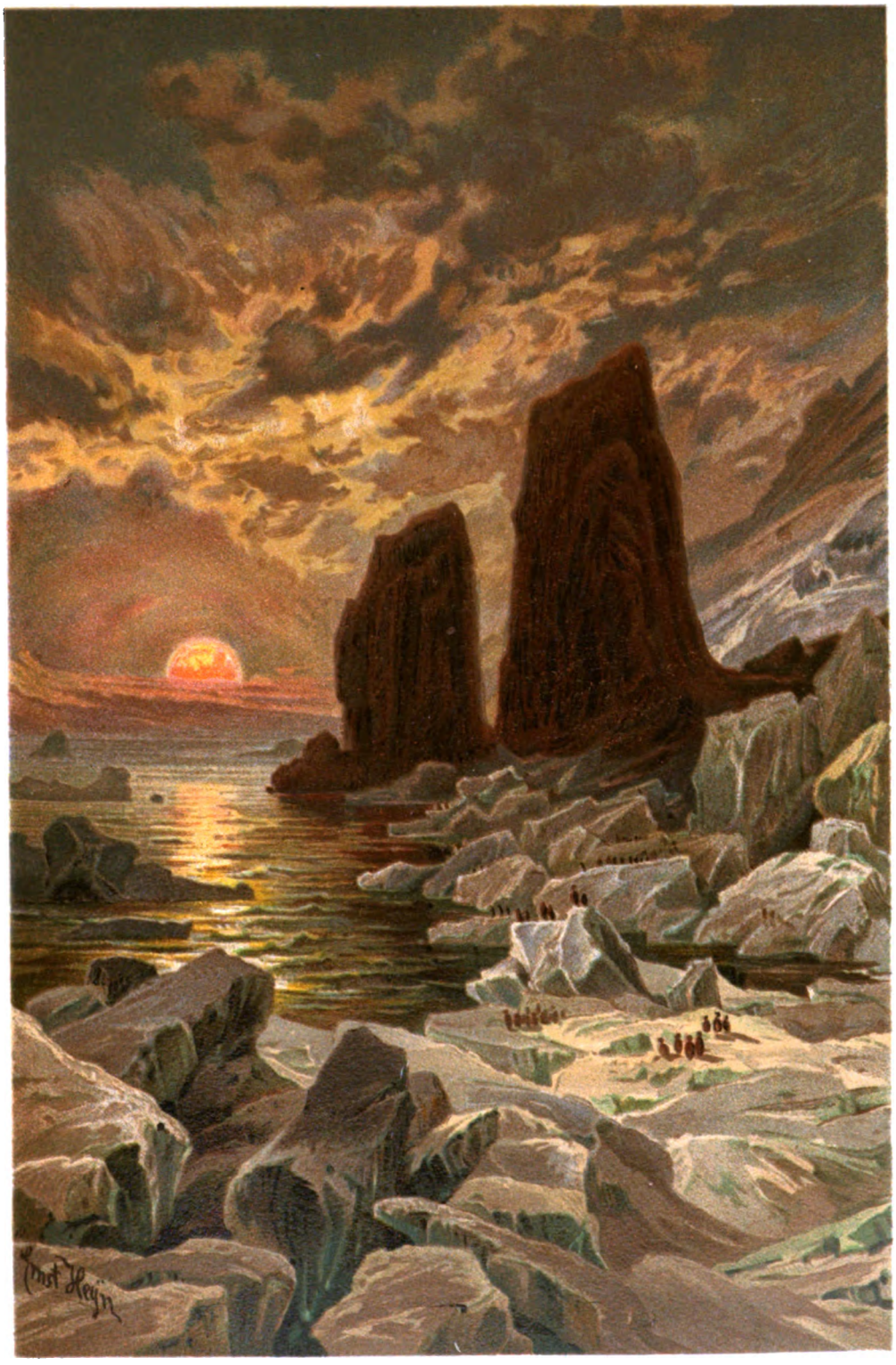
Die [illegible] des weiten russischen Gebietes bildet der Ural, dessen südlichen Anfang nördlich vom Aralsee der Hügelzug des Mugodjaren darstellt, ein niedriger Doppelzug altkristallinischer Gesteine, denen obere Kreide in horizontaler Lagerung übergreifend aufruht. Dann folgt der eigentliche Ural, ein niedriges altes Gebirge von einseitigem Bau, das sich nach Norden bis an das Eismeer erstreckt, nachdem sich etwa unter 62° nördlicher Breite das niedrige Timangebirge in nordwestlicher Richtung abgezweigt hat. Im Norden gehört noch die Doppelinsel Nowaja Semlja dem System des Urals an, sie ragt bis etwa zum 77. Grade. Hier schließt dieses mächtige Faltensystem ab. Im höchsten bis jetzt erreichten Norden liegt nördlich von Nowaja Semlja das eisige Franz-Joseph-Land, das durch die kühnen Reisenden Payer und Weyprecht im Jahre 1874 entdeckt wurde. Mächtige Felsmassen umgürten den unwirtlichen Strand (s. die beigeheftete Tafel „Säulenkap auf Franz-Joseph-Land"), wo doleritische Eruptivgesteine eine große Rolle zu spielen scheinen, und von wo Leigh Smith Belemniten von vermutlich jurassischem Alter mitgebracht hat. Auch auf Nowaja Semlja tritt Jura auf. Ob aber zwischen beiden Regionen ein innigerer geologischer Zusammenhang besteht, das läßt sich vorläufig in keiner Weise entscheiden oder auch nur vermuten.

Östlich vom Ural erstreckt sich das gewaltige Ländergebiet von Sibirien; soweit die noch ziemlich dürftigen Nachrichten reichen, scheint der westliche Teil in seinem Charakter mit dem europäischen Rußland eng verwandt zu sein. Dann aber erheben sich Hochländer von bedeutender Höhe: der Altai und eine ganze Welt von wahrscheinlich meist ziemlich alten Gebirgen, die den Baikalsee umgeben, in denen die Quellen des Jenissei, der Lena, des Amur und ihrer wichtigsten Zuflüsse liegen, und die sich bis an den Stillen Ozean und an die nordöstliche Spitze Asiens erstrecken. Ist auch über einzelne Teile dieses weiten Gebietes, namentlich über den Altai, einiges Nähere bekannt, so ist doch der weitaus größte Teil fast eine Terra incognita, so daß einen Überblick darüber zu geben unmöglich ist. Außerordentlich verbreitet sind jurassische Pflanzenschichten. Doch sind an manchen Punkten, überaus weit vom Meer entfernt, z. B. bei Nertschinsk, im Quellgebiete des Amur, am Mittellaufe des Wiluiflusses, auch einzelne marine Jura- und Unterkreidehorizonte vertreten, so daß also zeitweise eine ganz riesenhafte Transgression des Meeres in diesem Gebiete stattfand. Bemerkenswert sind auch außerordentlich versteinerungsreiche Ablagerungen der unteren Trias mit zahllosen Ammoniten an den Ufern des Eismeeres.

Afrika und die vorderindische Halbinsel.

Wenn wir uns nach Süden wenden, um hier die Nachbarregionen der alpinen Gebirge kennen zu lernen, so tritt uns zunächst in dem Vorhandensein großer Meeresflächen eine Schwierigkeit entgegen. Das Mittelländische Meer nimmt allerdings nicht genau die Grenze zwischen den jungen Kettengebirgen und ihrem südlichen Hinterland ein, sondern nur auf einer bestimmten Strecke, von [illegible] die [illegible] Küste. Weiter im Westen greift das Meeresbecken unmittelbar in die [illegible] ein und trennt das nordafrikanische Küstengebirge in Tunis, [illegible]gerien und Marokko von den gleich gebauten Gebieten in Europa ab, während die Adria und

Digitized by Google



SAULENKAP AUF FRANZ-JOSEPHS-LAND.

Digitized by Google

Digitized by Google

der Griechische Archipel tief in die alpine Region einschneiden, ja das Schwarze Meer bis in das Gebiet der russischen Tafel vordringt. Für die Geschichte dieser Meeresbecken haben uns die Abschnitte über die historische Geologie eine Reihe wichtiger Daten geliefert. Wir haben gesehen, daß seit Beginn der mesozoischen Zeit der nord- und der südatlantische Ozean von Land eingenommen war, das einerseits Südamerika mit Afrika, anderseits Nordamerika mit Skandinavien in Berührung brachte oder wenigstens einander näherte. Zwischen dem nördlichen und dem äquatorialen Kontinent erstreckte sich aus der Gegend des heutigen Zentralamerika eine breite Wasserstraße nach Osten, die sich dann in der Gegend der heutigen Gangesmündung mit dem damals noch viel kleineren Indischen Ozean vereinigte. Durch die ganze mesozoische Zeit scheint sich dieses zentrale Mittelmeer erhalten zu haben, ebenso wie die Landmassen zu seinen beiden Seiten, wenn auch außerordentlich große Schwankungen und Verschiebungen in den Einzelheiten vorkamen. Erst während der ersten Hälfte der Tertiärzeit scheint sich der Atlantische Ozean im heutigen Sinne gebildet zu haben. In ihm ging die westliche Hälfte jenes zentralen Mittelmeeres auf; seine östliche Hälfte dagegen wurde teils trocken gelegt, teils finden wir ihren allerdings stark veränderten Überrest in unserem heutigen Mittelländischen Meere. Das wichtigste Ereignis war hier die Absperrung gegen den Indischen Ozean, ungefähr zu Beginn der Miocänzeit. Den geringsten Umfang nahm das mittelländische Becken (vgl. oben, S. 416) während des ersten Abschnittes der Pliocänzeit ein. Dann nahm das Meer wieder überhand, das tyrrhenische und das adriatische Becken vergrößerten sich, ein großes Festland, das Sizilien mit Afrika verband und das Meer hinderte, das heutige Ägypten zu erreichen, sank in die Tiefe; und ebenso brachen die mit großen Binnenseen bedeckten Länder ein, die sich an der Stelle des heutigen Ägeischen Meeres ausdehnten: das Schwarze Meer wurde erheblich vergrößert und seine Verbindung nach Süden durch Bosporus und Dardanellen eröffnet.

Südlich von dem Mittelländischen Meer und den jungen Kettengebirgen breitet sich ein geologisch sehr einheitlich gebautes Land, die große afrikanisch-arabische Wüstentafel, aus, die in der wagerechten Lagerung auch sehr alter Schichten viele Ähnlichkeit mit der russischen Tafel zeigt, wie groß auch landschaftlich die Gegensätze zwischen beiden sein mögen. Die nordafrikanische Wüste beginnt südlich vom Atlas an den Küsten des Atlantischen Ozeans und erstreckt sich von da, nur durch die schmale Furche des Nilthales unterbrochen, bis an das Rote Meer, das das Saharagebiet von Arabien trennt. Den Untergrund des Gebietes bilden alte archäische Ablagerungen, die an beiden Ufern des Roten Meeres auf große Strecken zu Tage treten. Weiter südlich bei Chartum herrschen diese alten Gesteine ausschließlich und scheinen im südöstlichsten Teile der Sahara und auf der Grenze gegen den Sudân große Verbreitung zu erlangen. Über die größte Ausdehnung des Wüstengebietes hin sind jedoch diese ältesten Gesteine durch jüngere Schichten verdeckt. Wohl kennen wir die ganze Wüste zu wenig, um eine vollständige Schilderung geben zu können; doch lassen sich wenigstens einige Hauptzüge schon jetzt erkennen. Im südwestlichen Teile der Sahara erreichen die ältesten Schichtgesteine ihre Hauptverbreitung. Overweg hat von hier devonische Meeresfossile und Steinkohlenpflanzen mitgebracht, die Beyrich bestimmte, während Lenz auf seinem Zuge nach Timbuktu Kohlenkalkfossile sammelte, die von Stache beschrieben wurden. Im Norden und Osten der Sahara dagegen ist nichts derartiges bekannt; erst am Ufer des Roten Meeres sind sowohl auf der afrikanischen Seite als auf der Sinaihalbinsel beschränkte Vorkommnisse paläozoischer Schichten beobachtet worden. Nach dem Ende der Kohlenformation scheint das Meer auf lange Zeit das Wüstengebiet verlassen zu haben: weder die Permformation noch Trias, Jura oder untere Kreide haben irgend eine Spur ihrer Anwesenheit hinterlassen; und erst die obere Kreide tritt auch hier übergreifend auf und scheint mehr als die Hälfte des ganzen Wüstengebietes einzunehmen. Ihr gleichmäßig aufgelagert

Digitized by Google

erscheinen im Nordosten weit ausgebreitete Ablagerungen von alttertiären Schichten, namentlich von Nummulitenkalk, in den von Fremden am meisten besuchten Teilen der Wüste an den Rändern des Nilthales in Ägypten, wo der Boden stellenweise mit Millionen von Nummulitenschalen bedeckt ist. Jüngere Tertiärschichten treten nur beschränkt auf. Vermutlich pliocäne Korallenkalke säumen das Rote Meer an vielen Stellen ein, pliocäne Sandablagerungen mit einer Muschel- und Schneckenfauna, in der sich Typen des Roten Meeres mit solchen des Mittelmeeres mischen, finden sich an den Rändern des Nildeltas, und weiter im Westen zeigen sich an manchen dem Nordrande genäherten Punkten, z. B. in der Ammonsoase (Siwah), miocäne Meeresschichten. Dagegen finden sich im Inneren nirgends junge Marinablagerungen, wie sie nach den Ansichten der Vertreter eines pliocänen und diluvialen Saharameeres vorhanden sein sollten. An einer anderen Stelle (Bd. I, S. 576—586) ist die Wüste landschaftlich geschildert worden. Die Sahara stellt ein ausgezeichnetes Stufenland dar, worin die einzelnen Schichten oder Schichtgruppen in Terrassen übereinander aufsteigen, die lediglich durch die Erosion bedingt sind; von größeren Verwerfungen wird wenig berichtet. Selbst die Hochgebirge der Sahara im Lande der Ahaggar und in Tibesti sollen denselben Stufenbau zeigen, nur mit dem Unterschiede, daß die einzelnen Terrassen hier, nahe aneinander gedrängt, sich hoch übereinander erheben. Allerdings sollte man danach annehmen, daß die jüngsten Schichten das höchste Niveau einnehmen, während in Wirklichkeit hier gerade alte kristallinische Gesteine aufzutreten scheinen. Es dürfte sich daher doch um bedeutendere Störungen handeln; und die Angaben vieler Reisenden, denen doch meist die geologische Schulung fehlt, dürften gerade in den schwierigeren Fragen des Aufbaues im großen nur mit Vorsicht zu behandeln sein. Wo die gewaltige Wüstentafel, die wohl ganz Europa an Umfang übertrifft, ihr südliches Ende findet, läßt sich nicht bestimmt angeben. Wohl kennen wir ziemlich genau die Grenze der Wüste gegen den vegetationsreichen Sudân; aber diese für den landschaftlichen Charakter und den Pflanzenwuchs so wichtige Scheidelinie braucht nicht mit der geologischen Grenze zusammenzufallen. Abessinien scheint wenigstens teilweise trotz seines abweichenden Charakters noch hierher zu gehören. Im südlichen Abschnitte des Landes aber stellen sich nach Blanfords Untersuchungen schon andere Verhältnisse ein: es finden sich marine Juraablagerungen, und der Bau weicht in wichtigen Punkten von dem im Norden ab. Im allgemeinen aber können wir das nordafrikanische Wüstengebiet von dem alten Festlande von Mittel- und Südafrika bei dem heutigen noch äußerst unvollkommenen Stande unserer Kenntnisse dieser Regionen nicht scharf scheiden.

Von der eigentlichen äthiopischen Region, südlich von der Sahara, sind nur wenige Partien etwas näher untersucht, nämlich ein Teil des Kaplandes und der nordwärts unmittelbar anstoßenden Gebiete; außerdem sind einige Küstenpunkte von Geologen besucht worden. Für das Innere aber liegen nur wenige, meist flüchtige Notizen von Reisenden vor, die auf ihren Zügen an manchen Stellen dieses oder jenes Gestein beobachtet haben. Immerhin spricht sich in diesen Daten übereinstimmend ein ziemlich scharf charakteristisches Gepräge aus, so daß wir wenigstens annähernd ein Bild entwerfen können. Die wichtigsten Erscheinungen sind die außerordentliche Verbreitung kristallinischer Schiefer und der vollständige Mangel mariner Ablagerungen im Inneren. Meeresbildungen paläozoischen Alters scheinen sich nur im Süden von der Küste zu entfernen, jüngere, mesozoische oder tertiäre Marinschichten diese nur am äußersten Rande einzusäumen. Wir haben es also offenbar mit einem uralten Kontinent zu thun, der seit sehr langer Zeit nicht mehr vom Meere bedeckt wurde, und auf dessen Rücken Landpflanzen führende Sandsteine in großer Ausdehnung verbreitet scheinen.

Im südlichsten Teile von Afrika treten über den kristallinischen Schiefern und gleich diesen gefaltet paläozoische Meeresbildungen auf, die devonische Versteinerungen, namentlich

Digitized by Google

Trilobiten aus der Gattung Homalonotus, geliefert haben. Merkwürdigerweise stimmen diese Ablagerungen in ihren Fossilen auffallend mit denen überein, die auf den Falklandinseln, östlich vom Feuerlande, vorkommen. Über dem Devon folgen die schon bei einer früheren Gelegenheit erwähnten Ablagerungen des unteren Teiles der Kohlenformation mit Lepidodendren-Resten, noch gefaltet und aufgerichtet; alle jüngeren Schichten aber liegen ungestört und horizontal und bilden weite Tafelflächen: die Ablagerungen der Karrooformation, jene mächtigen Sandsteine, Schieferthone und Konglomerate, deren unterstes Glied, die Eccaschichten, unter Mitwirkung von Eis gebildet worden sind. Sie gehören dem oberen Teile der Kohlenformation an, während die jüngeren Partien der Karroobildungen der permischen und triadischen Formation entsprechen. Sie enthalten jene eigentümliche, namentlich durch das Vorkommen der Gattung Glossopteris ausgezeichnete Flora, die auch in den unteren Gondwanaschichten Indiens und in Australien verbreitet ist, und denselben Abteilungen gehören auch die zahlreichen seltsamen Reptilformen aus der Ordnung der Anomodonten an, die wir früher (S. 188) besprochen haben. Genauere Daten über diese Vorkommnisse liegen allerdings nur aus dem südlichen Afrika vor; aber die zahlreichen Angaben der Reisenden über das Auftreten von Sandsteinen auch in nördlicheren Gegenden machen es wahrscheinlich, daß der Karrooformation entsprechende Bildungen große Verbreitung im Inneren des Weltteiles finden. Da jüngere mesozoische Bildungen nur ganz an den Rändern des Festlandes auftreten, so hat das Meer hier selbst zur Zeit seines höchsten Standes nie mehr als die äußersten Flanken des Kontinents bespült. So geringen Raum aber auch diese Ablagerungen einnehmen, so sind sie doch aus Gründen, die wir bald kennen lernen werden, von großer Wichtigkeit. An der Westküste kennen wir Ammonitenschichten, die ihrem Alter nach etwa der Mitte der Kreideformation entsprechen. Sie treten an mehreren Punkten auf; Lenz hat zahlreiche Ammoniten auf der niedrigen Insel Elobi, unmittelbar nördlich vom Äquator, gesammelt, und von da an scheint sich die Verbreitung weit nach Süden bis in die Nähe der Walfischbai verfolgen zu lassen. Weit reichlicher und mannigfaltiger treten mesozoische Bildungen an der Ostküste auf. Weit im Süden in der Nähe von Port Elizabeth finden sich die sogenannten Uitenhaageschichten, äußerst versteinerungsreiche Ablagerungen der untersten Kreide, deren eigentümliche Fauna mit Europa nicht eine einzige Art gemein hat, dagegen einige wenige Anklänge an das südliche Indien und an Südamerika zeigt. Etwas nördlicher gibt es ammonitenreiche Schichten der oberen Kreide, die sich ebenfalls ganz an die Vorkommnisse des südlichen Indien anschließen. Dieses Verhältnis ändert sich aber, sobald wir noch weiter nach Norden gehen. Von Mosambik ist uns zwar nur ein einziger Ammonit der untersten Kreide bekannt; dieser gehört aber einer der verbreitetsten charakteristischen Arten des alpinen Neokoms in Europa an. Und die von Beyrich untersuchten oberjurassischen Ammoniten von Mombas unter 5° südlicher Breite haben ebenfalls die größte Ähnlichkeit mit den Vorkommnissen Europas und noch mehr mit denen des nördlichen Indien. Wir haben gesehen, daß diese Verhältnisse in Verbindung mit der Verwandtschaft der heutigen Fauna von Südafrika, Madagaskar und Indien und mit der nahen Übereinstimmung der Reptile und Landpflanzen in der Karrooformation Afrikas mit denen der unteren Gondwanaschichten in Indien auf eine ehemalige quer über den heutigen Indischen Ozean reichende Landverbindung zwischen diesen Ländern hinweisen.

Die vorderindische Halbinsel südlich von den weiten Ebenen von Bengalen und Pandschab ist erst in späterer Zeit mit dem asiatischen Festland in Verbindung getreten, sie war ursprünglich mit Afrika in Zusammenhang. Auch hier haben wir es mit einem Stück uralten Festlandes zu thun, auf dessen Rücken nur Binnenablagerungen mit Landpflanzen lagern. Vor allem sind die oft erwähnten Gondwanaschichten zu nennen, die die ganze Zeit von der Mitte der Kohlenformation bis Ende der Trias zu umfassen scheinen. Auch jüngere, dem Jura an-

Digitized by Google

gehörige Pflanzenschichten treten auf, während der oberen Kreide jene unermeßlichen Anhäufungen basaltischer Eruptivgesteine anzugehören scheinen, die unter dem Namen des Dekhantrappes bekannt sind und an Größe der Ausbreitung auf der ganzen Erde ihresgleichen nicht haben dürften. Mit diesen Trappen sind an manchen Stellen Süßwasserkalke mit Binnenkonchylien vergesellschaftet. Auch hier finden sich wie im mittleren und südlichen Afrika nur an den Rändern schwach übergreifend Meeresablagerungen vor. Am wichtigsten darunter sind im Nordwesten die Jurabildungen von Cutch an der Indusmündung, deren überaus fossilreiche Schichten mit denen Europas die auffallendste Übereinstimmung zeigen. Kaum minder bedeutend sind im Süden die Schollen von oberer Kreide in der Umgebung von Madras und Ponditscherri, die ihrerseits mit den Vorkommnissen in Südafrika, in Japan, im Amurgebiet und an der pazifischen Küste von Nordamerika eng verwandt sind, ja wegen ihrer außerordentlichen Versteinerungsfülle geradezu den Typus der pazifischen Entwickelung der oberen Kreide darstellen.

Die asiatischen Kettengebirge, China und Australien.

Wir haben schon bedeutende Teile von Asien im Norden und Süden kennen gelernt; zwischen beiden aber liegt ein riesiges Ländergebiet, dessen Erforschung in den letzten Jahrzehnten gewaltige Fortschritte gemacht hat: die ganze kleinasiatisch-armenisch-iranische Bergregion, Zentralasien, die indisch-tibetanischen Ketten, die chinesischen Massen, Hinterindien und die Welt von Inseln, die Asien nach Südosten und Osten, von der Westspitze von Sumatra bis nach Kamtschatka, umgeben. Einige Teile dieses Areals sind ziemlich gut, andere wenigstens einigermaßen geologisch bekannt; über anderen aber liegt noch tiefes Dunkel. Eine gleichmäßig eingehende Darstellung dieser überaus interessanten Gegenden zu geben, ist also unmöglich. Da jedoch die Hervorhebung einiger, die Vernachlässigung anderer Gebiete eine unrichtige Vorstellung erzeugen würde, so können wir uns nur ganz flüchtig auf die Betrachtung dieser Länder einlassen.

Die große Region junger Kettengebirge setzt sich aus dem südöstlichen Europa nach Asien fort und umfaßt hier zunächst das kaukasisch-armenische Gebiet und Kleinasien. Als eine Fortsetzung des Balkans kann mit großer Wahrscheinlichkeit das Gebirge im südöstlichen Teile der Krim und weiterhin der Kaukasus betrachtet werden, der sich als gewaltige Bergmauer, die Alpen an Höhe bedeutend übertreffend, von der Ausmündung des Asowschen Meeres bis an das Kaspische Meer erstreckt. Granite, Gneise, kristallinische Schiefer, anderseits sehr entwickelte Ablagerungen des Jura, der Kreide und des Tertiärs sind vergesellschaftet mit ungeheuern Massen trachytischer Eruptivgesteine, die unter anderen die beiden gewaltigsten Gipfel, den Kasbek und den Elbrus, zusammensetzen. Südlich vom Kaukasus und von ihm durch die Thäler des Rion und des Kur getrennt, erstreckt sich das armenische Hochland, dessen Bau gleich dem des ersten Gebirges durch Abich der Wissenschaft erschlossen wurde. Wir kommen hier an ein Gebiet, das mit dem trotz mannigfacher Forschungsreisen seiner Hauptausdehnung nach noch ganz unverstandenen Kleinasien in Zusammenhang steht. Soweit eine Orientierung möglich ist, können wir es als wahrscheinlich bezeichnen, daß in das westliche Kleinasien einzelne Ketten über das Ägeische Meer herüberstreichen, die im östlichen Griechenland eine östliche Richtung einschlagen, und daß die Inseln des Archipels Trümmer dieser Verbindungsstücke darstellen. Auf kleinasiatischem Boden herrscht zunächst westliches Streichen in den Gebirgen, an deren Aufbau namentlich kristallinische Gesteine von teilweise sehr jugendlichem Alter, ungeheure Massen von Hippuritenkalken und flyschähnlichen Gesteinen der oberen Kreide und Nummulitenkalke teil-

Digitized by Google

nehmen, während ausgebreitete Süßwasserkalke, seltener Meeresbildungen des oberen Tertiärs, endlich gewaltige Mengen trachytischer Eruptivgesteine einer jüngeren Bildungsepoche angehören.

Im nördlichen Teile Kleinasiens hält die östliche Richtung weithin an. Später biegen aber die Gebirge nach Nordosten um und bilden den westlichen Teil des armenischen Hochlandes; sie reichen bis an das Thal des Rion und brechen hier im Angesichte des ganz anders orientierten, nach Südsüdosten streichenden Kaukasus plötzlich ab. Verwickelter gestalten sich die Sachen im südlichen Teile Kleinasiens, im Gebiete des Taurus, der mehrfach in bogiger Krümmung seine Richtung zu wechseln scheint, eine Änderung, die sich auch im Verlaufe der kleinasiatischen Küste ausdrückt. Im Osten biegen auch diese Ketten nach Nordosten, es gesellen sich ihnen andere Bergzüge bei, die in der einspringenden Ecke zwischen Kleinasien und Syrien, am Golfe von Iskanderun, entspringen und als eine Fortsetzung des nordöstlichen gebirgigen Ausläufers der Insel Cypern betrachtet werden. Auch diese Ketten ziehen sich nach dem armenischen Hochland und nehmen an dessen Aufbau teil. Ungeheure Vulkane, unter denen der Große Ararat weitaus der bedeutendste ist, und das Auftreten furchtbarer Erdbeben charakterisieren diese Region als ein Feld noch junger Thätigkeit der gebirgsbildenden Kräfte, die noch heute nicht zur Ruhe gekommen sind. Es ist auf die Möglichkeit hingewiesen worden, daß sich hier ein großer Einbruch vorbereite, ähnlich dem, der das Schwarze Meer zum großen Teile geschaffen hat, und daß durch ein derartiges Ereignis das kaspische Becken mit dem pontischen in Verbindung treten werde.

Ungefähr in der Mitte des armenischen Hochlandes tritt eine große Änderung in der Richtung des Gebirges ein: aus der nordöstlichen wendet es sich in die südöstliche Direktion. Ein Zug streicht gegen das Südwestende des Kaspischen Meeres und bricht an dessen Küsten ab; eine zweite Kette streicht dieser ersten etwas weiter südlich parallel, und ihre Fortsetzung bildet das Elburzgebirge, die gewaltige Gebirgsmauer, die das persische Hochland von dem Kaspi trennt und von dem riesigen Vulkankegel des Demawend überragt wird. Das persische Hochland, worüber wir namentlich von Tietze Nachricht erhalten haben, wird selbst wieder von bedeutenden Ketten durchzogen. Nach Südwesten und Süden wird das iranische Gebiet durch eine breite Zone von Gebirgszügen begrenzt, die etwas südlich vom armenischen Hochland in Kurdistan beginnt und die mesopotamische Ebene und den Persischen Meerbusen gegen Nordosten einsäumt. In der Nähe der Straße von Ormus wendet sich die Richtung gegen Osten und bleibt so bis nach Belutschistan, wo plötzlich in der Nähe der indischen Grenze eine rasche Umbiegung nach Nordosten bis Norden eintritt und die Ketten sich dem Indus entlang gegen den großen Gebirgsknoten des zentralen Asien hinziehen. Auch die Ketten des inneren Iran und Afghanistan schließen sich dieser Richtung an, und die eng zusammengedrängten Fortsetzungen dieser Gebirge vereinigen sich zu dem gewaltigen, nordöstlich orientierten System des Hindukusch, der riesigen Schwelle zwischen Turan und Indien.

Der Hindukusch streicht nach Nordosten bis nahe an den 74. Grad östlicher Breite (von Greenwich). Hier aber erreicht er plötzlich sein Ende, er trifft auf ein noch gewaltigeres Gebirge, das von Südosten nach Nordwesten gerichtet ist: auf das ungeheure System des Himalaya und Kuenlün. Beide stoßen hier fast unter einem rechten Winkel zusammen, ohne daß es bisher ermittelt wäre, ob die einzelnen Ketten an dieser Stelle abbrechen oder in scharfer Umbiegung ineinander übergehen; so verhält es sich wenigstens im südlichen Teile dieser mächtigen Scharung, wo der eigentliche Hindukusch mit dem Himalaya zusammenkommt. Etwas anders gestalten sich die Beziehungen weiter im Norden, hier liegen die Pamir, „das Dach der Welt", nach der früheren Auffassung ein überaus hoch gelegenes Plateau, das in Wahrheit nach den Untersuchungen von Stoliczka und russischer Geologen aus einer großen Anzahl dicht aneinander gedrängter Ketten besteht, die alle nach Ostnordosten in der Richtung des Hindukusch streichen und

Digitized by Google

mit diesem ein Gebirgssystem bilden. Diesen Ketten kommt von Südosten her das nach dieser Richtung umgebogene Ende des Kuenlün entgegen, das sich hier eng an den Himalaya anschmiegt; aber sein Verhalten gegen die Nordostzüge ist anders. Statt gegen sie abzustoßen oder in deren Richtung umzuschwenken, biegt die äußerste Fortsetzung des Kuenlün als Kisil Yart oder Gebirge von Kaschgar nach Nordnordwesten und zuletzt nach Norden um; er streicht an den Enden der Pamirketten vorüber, die hier abstoßen. Plötzlich bricht der Zug des Kisil Yart seinerseits ab, und nun streicht das nördlich an die Pamirketten sich anschließende Alaigebirge seinerseits an dessen nördlichem Ende vorüber. Damit haben wir aber den Beginn eines ganz neuen Gebirgssystems erreicht, den mächtigen Tiënschan, der sich in gewaltiger Breite von den Ufern des Oxus und Jaxartes bis ins Herz der Mongolei erstreckt, und dessen südlichste Kette das Alaigebirge darstellt. Wir können hier nicht auf eine genaue Schilderung des Tiënschan eingehen, der durch die Untersuchungen russischer Geologen, namentlich von Muschketow und Romanowsky, bekannt geworden ist. Spärliche paläozoische Ablagerungen, pflanzenführende Juraschichten, einige isolierte Vorkommnisse von marinem Jura, fossilreiche obere Kreide und unteres Tertiär sind die hier hauptsächlichsten Sedimentbildungen.

Die Erscheinungen, wie wir sie bei dem Zusammentreffen der beiden gewaltigen Gebirgssysteme des Hindukusch und des Himalaya bei der Scharung dieser riesenhaften Ketten kennen gelernt haben, sind weitaus das Großartigste, was in dieser Beziehung auf der ganzen Erde existiert. Die ersten allerdings noch wenig bedeutenden Anfänge liegen im Süden im oberen Pandschab im Salzgebirge ungefähr unter $32^1/_2{}^0$ nördlicher Breite; und von da bis fast zum 40. Grad, also auf eine Entfernung von nahezu 850 km, können wir die wichtige geologische Linie verfolgen, in der die mächtigsten Gebirge unseres Planeten zusammenstoßen und das großartige Hochland mit einzelnen Erhebungen über 8000 m bilden.

Wir haben gesehen, daß die gewaltigen Ketten des Himalaya, des Kuenlün, von Südosten herstreichend, an der großen indischen Scharung teilnehmen, und müssen diese höchsten Gebirge der Erde kurz betrachten. Der Himalaya erhebt sich ziemlich rasch über der indischen Ebene, über den weiten Schwemmlanden des Ganges, des Indus und ihrer Nebenflüsse, und man könnte geneigt sein, dieses Verhalten mit dem der Alpen zur lombardischen Tiefebene zu vergleichen. Allein ein näheres Studium des Gebirges hat gezeigt, daß das nicht der Fall ist, sondern daß die Richtung des Schubes von Norden kam, daß die südliche Seite des Himalaya die Außenseite darstellt. Den äußersten Saum des Gebirges gegen die Ebene nehmen die jungtertiären Sivalikschichten ein, Süßwasserbildungen von außerordentlicher, bisweilen einige 1000 m betragender Mächtigkeit. In diesen ist die reiche, zum geringeren Teile dem europäischen Miocän, zum größeren dem Pliocän entsprechende Säugetierfauna hervorzuheben mit ihren zahlreichen Elefanten, Mastodonten, Nashörnern, Hippopotamen, mit den riesigen Sivatherien, Hydaspitherien und ihren massenhaften Rindern ꝛc., die schon früher (S. 354 und 410) erwähnt worden sind. Allein auch in rein geologischer Beziehung sind diese Bildungen bemerkenswert. Schon die außerordentliche Dicke des Sedimentes ist befremdend; denn wir können unmöglich die Existenz eines so tiefen Binnensees annehmen, daß 4000 m mächtige Sand- und Lehmablagerungen auf seinem Boden hätten entstehen können, und überdies sieht man durchaus nicht ein, wo denn gegen den Golf von Bengalen und gegen das Arabische Meer die Ufer dieses Sees gelegen haben sollen. Blanford hat diese Schwierigkeiten hervorgehoben; und diese sowohl als der Charakter des Sedimentes, das mit den heutigen Absätzen der großen indischen Ströme außerordentliche Ähnlichkeit zeigt, führen zu der Ansicht, daß wir es mit Anschwemmungen der tertiären Flüsse zu thun haben, eine Ansicht, die um so wahrscheinlicher ist, als man einen Zusammenhang zwischen der Lage der aus dem Himalaya austretenden Flußthäler und der

Digitized by Google

Beschaffenheit der Absätze nachweisen kann. Immerhin ist es auch so noch schwierig genug, sich vorzustellen, auf welche Weise die Ströme der Tertiärzeit Schlamm und Sand in solcher Mächtigkeit zusammenhäufen konnten. Wir müssen annehmen, daß während der miocänen und pliocänen Zeit das Gebiet, das heute die große nordindische Ebene einnimmt, ein Senkungsfeld darstellte, das an Bruchlinien absank, während gleichzeitig die aus dem Gebirge kommenden Flüsse in demselben Maße Schlamm, Sand und Gerölle aufschütteten, als das Terrain sank, so daß es fortwährend annähernd dasselbe Niveau behielt oder wenigstens über dem Meeresspiegel blieb. In wie langsamem Tempo also findet ein derartiges Abgleiten größerer Schollen der

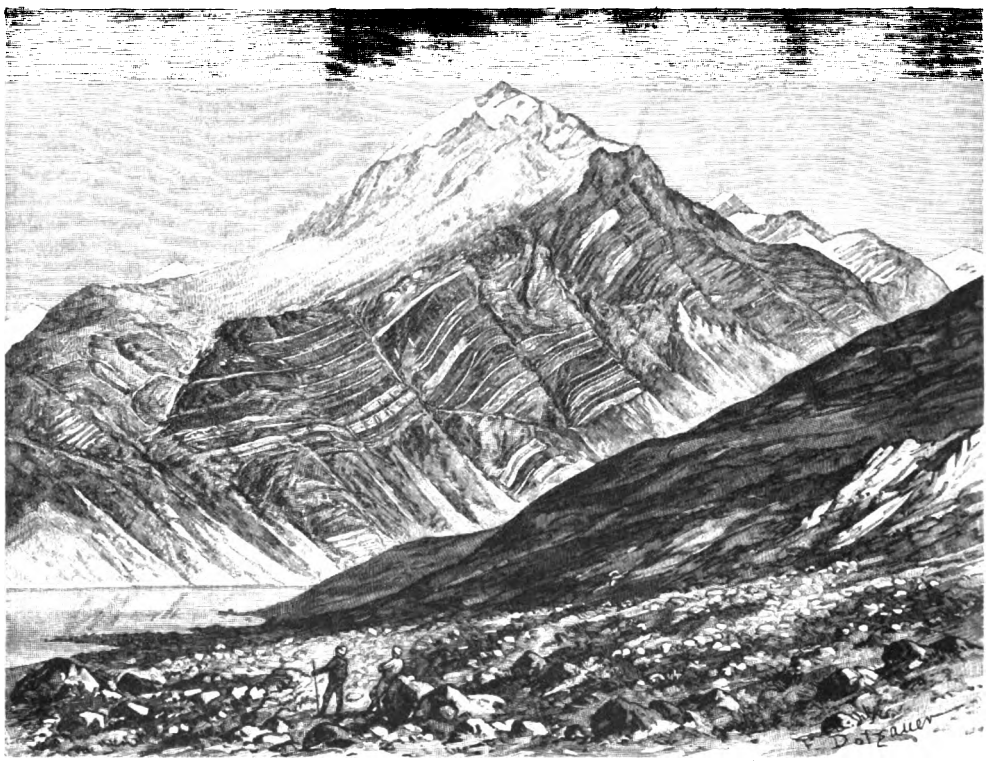
Der Kiangurpaß im Himalaya. (Nach Photographie.)

Erdrinde in die Tiefe statt, wenn die Anschwemmung eines Flusses über weite Strecken hin den Höhenverlust auf jenem Wege zu decken vermag.

Während sich in dieser Weise die Sivalikschichten als die miocänen und pliocänen Alluvien der großen, dem Himalaya entstammenden Wasserläufe absetzten, war die Faltung und Aufrichtung des Gebirges noch fortwährend thätig. So sehen wir denn auch die Sivalikbildungen am Fuße des Himalaya noch stark gestört und selbst die jungen, pliocänen Ablagerungen mit den Resten von Rindern und Elefanten in ein verwickeltes System von Synklinalen und Antiklinalen gelegt (s. obenstehende Abbild.). Es geht daraus hervor, daß der Himalaya ein viel jüngeres Gebirge ist als die Alpen, oder richtiger gesagt, daß seine Aufstauung noch in viel jüngerer Zeit fortgedauert hat: am Fuße der Alpen sind die älteren Miocänschichten das jüngste Glied, das noch aufgerichtet ist, während im Himalaya vermutlich die Gesamtheit des Pliocäns noch von der Bewegung mitbetroffen ist. Der Bau des eigentlichen Hochgebirges ist verwickelt

Digitized by Google

und wechselt je nach den Gebieten. Zunächst an die tertiäre Außenzone schließen sich versteinerungsleere kristallinische Schiefer, Gneise und Ablagerungen paläozoischen Alters; erst weiter im Inneren folgen fossilreiche Bildungen, die vom Silur bis zu den eocänen Nummulitenkalken reichen. Bemerkenswert sind die mächtigen Massen von Kalken und Dolomiten der Trias, die teilweise eine Menge von Ammoniten oder auch großen Muscheln aus den Gattungen Megalodus und Dicerocardium enthalten und in ihrer Entwickelung (s. unterst. Abbildung) in mancher Hinsicht lebhaft an die Vorkommnisse des Salzkammergutes erinnern. Der Jura ist durch die schwarzen „Spitischiefer" vertreten, die eine außerordentlich eigentümliche Ammonitenfauna enthalten. Die Mehr-



Der Lilang in Kaschmir, aus marinen Triaskalken von alpinem Typus zusammengesetzt.

zahl der hier vorkommenden Arten ist auf diese Gegend beschränkt. Im Besonderen zeigt sich fast gar keine Verwandtschaft zu den Typen der indischen Halbinsel; im Gegenteil erinnern manche der Himalayaformen an solche der nordischen Entwickelung, wie wir sie am besten aus Rußland kennen. Nicht überall aber treten im Himalaya diese Meeresbildungen auf. Im östlichen Teile greifen die pflanzenführenden Binnenablagerungen, wie sie auf der indischen Halbinsel herrschen, wenigstens in die äußeren Zonen des Gebirges ein; dessen tektonische Grenze fällt also nicht mit der Grenze zwischen der Meeres- und Binnenentwickelung der älteren Sedimente zusammen. Jenseits der fossilreichen Ablagerungen folgen dann gegen Norden zu wieder riesige Massen von Gneisen, die die höchsten Ketten und Gipfel des Gebirgssystems und der ganzen Erde bilden: die zentralen Gneise des Himalaya setzen den Gaurisankar, den Kantschindschinga und die höchsten Erhebungen zusammen. Was jenseits dieser höchsten Kette liegt, ist nur für den westlichsten Teil des Gebietes in der Nähe der großen Scharung einigermaßen bekannt, wo die Zonen außerordentlich an Breite verlieren; in allen übrigen Teilen, wo das Hochland zu gewaltiger Breite

Digitized by Google

anschwillt, ist es den Geologen noch nicht gelungen, tiefer einzudringen. Tibet und Nepal verschließen jedem Europäer ihre Grenzen aufs eifersüchtigste, und so war es bisher nicht möglich, den Schleier des Geheimnisses zu lüften, der noch über dem geologischen Bau des erhabensten Hochlandes liegt. Das nördlichste Glied des ganzen Gebirgssystems ist der Kuenlün, der die große mongolische Wüste gegen Süden begrenzt. In der Nähe der Pamir sehen wir das Kaschgargebirge, das äußerste Ende des Kuenlün, nach Nordwesten gerichtet; weiter von der Scharung entfernt nimmt aber die Kette eine fast rein ostwestliche Richtung an. Sie entfernt sich daher nach Osten mehr und mehr von der nach Südosten bis Südsüdosten gerichteten Himalayakette, und dadurch wird der Raum für die gewaltige Entfaltung des tibetanischen Hochlandes zwischen beiden geschaffen. Im Kuenlün sind kristallinische Schiefer, Triaskalke mit Megalodus und Dicerocardium, ferner obere Kreide, stellenweise mit Hippuriten, entwickelt. Über den Bau des größten Teiles dieser Gebiete sind wir zu wenig unterrichtet, als daß ein näheres Eingehen auf diesen Gegenstand hier von Nutzen sein könnte. Von größter Wichtigkeit ist dagegen das Verhältnis, worin das östliche Ende des Himalaya zu anderen Gebirgen steht. Allerdings gehört gerade die Gegend, in der das System des Himalaya mit anderen Gebirgen in Berührung tritt: die Quellregion des Saluën und Irawaddi, der Mittellauf des Brahmaputra und die umgebenden Regionen, zu den am wenigsten bekannten Teilen Asiens; ja die Unsicherheit ist so groß, daß man noch heute nicht sicher weiß, ob der mächtige, aus dem großen Längsthal des südlichen Tibet austretende Strom wirklich der Oberlauf des Brahmaputra ist, wie es fast alle Karten angeben. Aus jenem unerforschten Gebiete streichen breite Gebirgsmassen nach Ostsüdosten, durch den nordwestlichsten Teil von Hinterindien und nach der südchinesischen Provinz Jünnan. Dieses Gebirge bezeichnet v. Richthofen als das hinterindische System.

Etwas besser sind wir über andere Ketten orientiert, die sich an die östliche Endigung des Himalaya anschließen. Aus dem nördlichen Barma, vom Brahmaputra und dem Mittellaufe des Irawaddi, streichen in der westlichen Hälfte der hinterindischen Halbinsel mehrere parallele Ketten, teilweise durch breite und tiefe Einsenkungen voneinander getrennt, nach Süden. Am besten bekannt ist der äußerste, westlichste Zug, der sich von der Grenze Assams längs der Küste und westlich vom Unterlaufe des Irawaddi erstreckt und im Kap Negrais gegen das Meer abbricht. Namentlich die Zusammensetzung dieses Striches ist von Interesse wegen der Ähnlichkeit mit europäischen Verhältnissen. Neben Triasbildungen von alpinem Typus treten namentlich mächtige Sandsteine und Schieferthone der Kreideformation auf, die in ihrem Typus ganz mit dem übereinstimmen, was man bei uns Flysch oder Macigno zu nennen pflegt. Die Ähnlichkeit wird um so auffallender, als dieser hinterindische Macigno ganz wie der Italiens oder Griechenlands mit massenhaftem Serpentin vergesellschaftet ist und ebenso wie auf der Balkanhalbinsel die Sandsteine und Schieferthone in einer Weise in kristallinische Schiefer übergehen, daß eine Trennung nicht möglich erscheint und man die Schiefer als veränderte Kreidegesteine zu betrachten geneigt ist. Zu diesen Gebilden treten noch Nummulitenkalke. So finden wir an den Ufern des Golfes von Bengalen ein Gebirge auftreten, das nach allen Schilderungen mit denen des südöstlichen Europa eine staunenerregende Verwandtschaft zeigt.

Am Kap Negrais bricht die Kette von Arakan ab: sie verschwindet unter dem Meere; nicht ohne wenigstens in einzelnen Bruchstücken auch noch weiterhin über dem Spiegel des Ozeans hervorzutauchen und so den ursprünglichen Verlauf anzudeuten. In der Fortsetzung derselben Streichungsrichtung treten, einen leicht geschwungenen Bogen darstellend, die Inselgruppen der Andamanen und der Nikobaren auf, mit denselben Sandsteinen und Schieferthonen der Kreideformation, die in kristallinische Schiefer übergehen und mit Serpentinen vergesellschaftet sind. Das Südende der Nikobaren liegt schon nahe der Nordwestspitze von Sumatra, der äußersten unter

Digitized by Google

den Großen Sunda-Inseln. Die Streichung des Gebirges wendet sich in dieser Richtung; und da überdies auch auf Sumatra ähnliche Kreidegesteine auftreten, so geht daraus hervor, daß wir es mit der Fortsetzung desselben Zuges zu thun haben. Die äußere barmanische Kette setzt sich also durch die Andamanen und Nikobaren in die große Bogenlinie fort, die mit Sumatra beginnt und sich von da über Java, Sumbava, Flores ꝛc. nach Osten fortsetzt.

Ehe wir jedoch diese Gegend besprechen, müssen wir zu den barmanischen Ketten zurückkehren, von denen wir nur die westliche, in Arakan gelegene, kennen gelernt haben. Östlich davon breitet sich zunächst die breite Niederung des Irawaddi aus, die tief in das Gebirgsland hineingreift und vermutlich einem jungen Einbruch entspricht. Weiter im Osten treten neue Ketten von nordsüdlichem Verlaufe auf, die älter zu sein scheinen als die von Arakan, und in denen auch alte, vermutlich archäische Felsarten vorkommen. Sicher steht dieser Zug, der sich nach Süden in die Malayische Halbinsel fortzusetzen scheint, mit dem Gebirge von Arakan in Beziehung, wenn sie auch durch eine spätere Senkung getrennt sind; und die westliche Arakan-Kette entspricht der äußeren Flyschzone, der östlichere Teil den älteren Partien eines alpinen Gebirges.

Wie eben erwähnt wurde, betreten wir in dem nordwestlichen Ende von Sumatra den Eckpunkt einer langgestreckten Inselreihe, eines jungen Kettengebirges, dessen aufgerichtete Ablagerungen sich aber nicht hoch über den Meeresspiegel erheben und vielfach von jungtertiären Schichtgebilden und vulkanischen Ausbruchsprodukten umhüllt sind. Die bedeutendsten Gipfel dieses Gebietes gehören nicht dem gefalteten Gebirge an, sondern sind durchgängig junge, noch thätige oder erst seit kurzem erloschene Feuerberge; gelangen wir doch hier zu dem Gebiete der Erde, wo die vulkanische Thätigkeit am großartigsten entfaltet ist und sich die meisten Feuerschlünde auf verhältnismäßig geringem Raume zusammendrängen. Java allein trägt deren etwa 100, von denen gegen 30 noch thätig sind; und dieser Region gehören drei der furchtbarsten Vulkane an: Krakatau, Gunung Gelungung auf Java und Temboro auf Sumbava, denen sich auf der ganzen Erde vielleicht nur noch der Conseguina in Zentralamerika und der Skaptar Jökull auf Island an verderblicher Wut der Ausbrüche an die Seite stellen können. Mit ziemlicher Sicherheit können wir die mit Sumatra beginnende Kette über Java, Bali, Lombok, Sumbava, Flores und mehrere kleinere Inseln bis nach Timor verfolgen. Von hier aus wird der weitere Nachweis unsicher. Doch macht es die einfache geographische Anschauung der Karte wahrscheinlich, daß eine weitere Fortsetzung in Neuguinea und Neukaledonien zu suchen sei, während Neupommern, die Salomon-Inseln und die Neuen Hebriden eine Parallellinie bilden würden. Als das sehr entlegene Ende dieser Kette wäre dann Neuseeland zu betrachten. Hier können wir uns mit einer Schilderung dieser mit Ausnahme von Neuseeland noch sehr wenig erforschten Länder nicht befassen; aus Neukaledonien ist nur das Vorkommen mariner Triasbildungen zu erwähnen. Von den Palau werden Hornblendegranite und Diabase, von Neupommern ältere Sedimente erwähnt, und von den Fidschi-Inseln hat A. Wichmann eine Menge von Massengesteinen, Schiefern, Sandsteinen und Kalken beschrieben; ja sogar auf den Marquesas, fast in der Mitte des Pazifischen Ozeans, lagern Gneise und Glimmerschiefer. Näher bekannt ist Neuseeland, ein Bruchstück eines S-förmig gebogenen Kettengebirges, an dessen Aufbau alte kristallinische Schiefer sowie eine schön entwickelte Reihenfolge von Schichtgesteinen teilnehmen; Silur, Kohlenformation, Trias, Jura, Kreide, verschiedene Stufen des Tertiärs sind durch zahlreiche Fossile nachgewiesen. Von Bedeutung sind ferner die thätigen und erloschenen Vulkane sowie die massenhaften heißen Quellen, die bei einer früheren Gelegenheit geschildert worden sind (vgl. Bd. I, S. 264—266 und 432—437).

Welche Bedeutung die zahllosen kleinen Inseln haben, die außerhalb des mit Neuseeland endigenden großen Bogens gegen Norden und Osten in der polynesischen und mikronesischen Region liegen, können wir noch nicht angeben. Sie bestehen mit Ausnahme der Fidschi-Inseln

Digitized by Google

und vermutlich der Marquesas durchgehends aus jungen vulkanischen Aufschüttungen oder aus den Bauten der Korallen; allein ihre oft sehr regelmäßige Anordnung in geraden oder bogenförmigen Linien läßt die Vermutung entstehen, daß man es mit den letzten Spuren untergetauchter Gebirge zu thun habe. Wir können uns mit diesen an sich wenig bedeutenden Schollen nicht näher beschäftigen. Von Bedeutung ist dagegen die innerhalb des großen papuanisch-neuseeländischen Bogens gelegene gewaltige Schichttafel Australien mit dem geologisch aufs innigste dazu gehörigen Tasmanien, deren Bau allerdings nur zum geringeren Teile bekannt ist. Zahlreiche paläozoische Ablagerungen, unter denen die mit Glazialspuren ausgestatteten Karbonbildungen hervorragen, Jura, Kreide, verschiedene Stufen des Tertiärs sind von hier bekannt; besonderes Interesse erregen die jungen, diluvialen Anschwemmungen, die die Reste einer untergegangenen Beuteltierbevölkerung, teilweise von riesigen Dimensionen, einschließen.

Wir kehren zu der Region der Sunda-Inseln zurück, bis wohin wir den aus Barma herabstreichenden Gebirgsbogen verfolgen konnten. Die Welt großer Inseln, die hier das südöstliche Ende Asiens umgibt, ist durchaus nicht von einheitlichem Bau, und nicht alle scheinen den Charakter junger Kettenbildung an sich zu tragen. Das gilt vor allem von Borneo, das wohl eine alte Masse mit aufgelagerten Schollen von oberer Kreide und älterem Tertiär darstellt, während sich die meisten anderen irgendwie als Glieder von Ketten anzuordnen scheinen. Allerdings ist die Anordnung so verwickelt und unsere geologische Kenntnis jener Gegenden so gering, daß wir nicht im stande sind, uns über den Bau und die Anordnung der Gebirge eine richtige Vorstellung zu machen, wenn auch einzelne Bogenlinien auf der Karte klar hervortreten. Deutlicher wird diese Erscheinung schon bei den Philippinen; in vollster Entwickelung aber finden wir sie dann weiter nach Norden bei den schon öfters genannten „Feston-Inseln", die wie bogig herabhängende Blumengewinde die Ostküste Asiens einsäumen. Das sind ebenso viele geschwungene Gebirgsketten, durchgehends mit Vulkanen ausgestattet (vgl. die Karte, Bd. I, S. 195), an deren Innenseite sich annähernd elliptische Senkungsfelder, Kesselbrüche, befinden; in diesen ist das Land in die Tiefe gesunken, und an seiner Stelle finden sich Binnenmeere, das Ostchinesische und das Ochotskische Meer. Den südlichsten dieser Gebirgsbogen bilden die Liukiu-Inseln mit dem südlichen Teile der japanischen Insel Kiusiu; ein zweiter besteht aus dem übrigen Japan (mit Ausschluß des östlichen Jeso) und Sachalin, ein dritter aus dem östlichen Jeso, den Kurilen und Kamtschatka. Eine vierte Inselkette endlich, die nicht wie die anderen nach Nordosten, sondern ostwestlich verläuft, bilden die Aleuten, die von Kamtschatka nach der von Nordamerika sich ablösenden Halbinsel Alaska hinüberstreichen und so die Verbindung zwischen der Alten und der Neuen Welt herstellen.

Die Inselbogen der Philippinen, der Liukiu und Japans schließen die chinesische Masse vom offenen Ozean ab. China, das den Europäern so lange verschlossen war und erst neuerdings, namentlich durch die Forschungen F. v. Richthofen's, der Wissenschaft erschlossen worden ist, stellt ein altes Festland dar, das fast ganz aus archäischen und paläozoischen Bildungen besteht. Kristallinische Schiefer, kambrische, silurische, devonische Ablagerungen, Kohlenkalk mit einer Menge mariner Fossile sind überaus verbreitet. Von größter Wichtigkeit aber ist das massenhafte Vorkommen von produktiver Kohlenformation mit einem Reichtum an Brennmaterial, der China auf gleiche Stufe mit Nordamerika an die Spitze der Kohlenländer stellt. Mesozoische Bildungen sind von geringerer Bedeutung; nur Binnenablagerungen der Juraformation, ebenfalls mit Kohlen, verdienen hervorgehoben zu werden. Eine Eigentümlichkeit des nördlichen China ist die ungeheure Entwickelung des diluvialen Löß, der in dem „gelben Lande" in einer Mächtigkeit und Verbreitung auftritt wie an keinem anderen Punkt der Erde (vgl. Bd. I, S. 510—513).

Digitized by Google

Amerika.

Wir haben bisher die Festländer der Alten Welt und die Inselgebiete des Stillen Ozeans kennen lernen; es bleibt uns noch die Betrachtung Amerikas, der beiden großen Festlandsmassen der westlichen Halbkugel, die durch die schmale zentralamerikanische Landenge verbunden werden. Südamerika erhebt sich durchaus unvermittelt, ohne Zusammenhang nach Osten und Westen, aus dem Ozean, Nordamerika steht in seiner nordwestlichen Ecke mit dem nordöstlichen Asien durch die Inselkette der Aleuten in Verbindung; aber immerhin ist das nur eine lose Verknüpfung. Im allgemeinen stellen sich die beiden Amerika als selbständige Individualitäten dar.

Diese scharfe Abtrennung ist ein ziemlich neues Ereignis. Zahlreiche Thatsachen aus der Verbreitung lebender und fossiler Geschöpfe zeigen, daß während eines großen Teils der Tertiär- und Diluvialzeit eine zusammenhängende Landverbindung mit dem nordöstlichen Asien vorhanden war, wie das bei der Darstellung jener älteren Bildungen näher geschildert worden ist. Außerdem macht es die Verbreitung der tertiären Meeresbildungen und der Basalte und Basalttuffe mit zwischengelagerten Braunkohlenschichten im nördlichen Teile des Atlantischen Ozeans wahrscheinlich, daß Nordamerika wenigstens zeitweilig auch mit Nordeuropa in Verbindung war. Endlich haben wir uns überzeugt, daß sich während der Jura- und Kreidezeit und selbst noch zu Beginn des Tertiärs ein Festland quer über die Breite des jetzigen Südatlantischen Ozeans von Afrika nach Brasilien erstreckte, von dem sich in den Azoren, den Kanaren und namentlich in den Kapverdischen Inseln Bruchstücke erhalten haben. Das atlantische Becken ist demnach eine verhältnismäßig junge Bildung, während der Stille Ozean eine uralte Einsenkung der Erdoberfläche ist, die zwar manchen Schwankungen unterworfen war, deren Hauptmasse aber besteht, soweit wir überhaupt die geologische Geschichte jener Räume kennen.

Der naturgemäße Weg wäre offenbar, zu verfolgen, wie sich die aleutische Kette in das nordwestliche Amerika fortsetzt und von da nach Süden und Osten weiterschreitet. Leider ist jedoch unsere Kenntnis des geologischen Baues jener nördlichen Gegenden noch so unvollkommen, daß wir dieses Gebiet nicht zum Ausgangspunkte wählen können. Genauer erforscht ist nur der größte Teil der Vereinigten Staaten von Nordamerika und einige anstoßende Gebiete von Britisch-Nordamerika. An der atlantischen Küste beginnt im Nordosten in Neuschottland und Neubraunschweig ein großes gefaltetes Gebirge, das sich von hier aus nach Südwesten der Küste parallel weithin bis in den südlichen Teil der Vereinigten Staaten, nach Alabama und Georgien, erstreckt. Das sind die Appalachen oder Alleghanies, das Rückgrat des atlantischen Nordamerika, ein altes Gebirge, dessen Faltung schon in kambrischer, vielleicht schon in archäischer Zeit begonnen hat; hier scheint seit dem Ende der paläozoischen Zeit keine bedeutende Bewegung mehr eingetreten zu sein. Dem entsprechend fehlen den Appalachen, wie allen alten Gebirgen, trotz ihrer Länge und der bedeutenden Breitenentwickelung die schroffen Bergformen, die scharfen Kämme und steil aufragenden Gipfel, wenn sich auch einzelne Höhen über 2000 m erheben. Vermutlich aber trugen in einer früheren Vorzeit, etwa zu Beginn der mesozoischen Zeit, die Appalachen alpinen Charakter an sich und mögen im Osten des Erdteiles eine ebenso stolze Kette gebildet haben wie etwa heute im Westen die Sierra Nevada. Das Gebirge ist von ausgezeichnet einseitigem Bau. Gegen Südosten liegt eine langgestreckte Zone archäischer Gesteine; darüber folgen paläozoische Ablagerungen von silurischem, devonischem und karbonischem Alter, das Ganze in ein System langgezogener Falten gelegt und von gewaltigen Längsbrüchen durchzogen. Gegen Nordwesten zu werden die Falten seichter, die Schichtstellung wird flacher und geht allmählich in vollständig wagerechte Lagerung über, die dann weithin gegen Westen anhält, nur wenig von einer einzigen

Digitized by Google

seichten Welle unterbrochen. Im nordöstlichsten Teile der appalachischen Kette stößt die Bruchseite mit ihren archäischen Ablagerungen unmittelbar an den Atlantischen Ozean; bald aber schieben sich jüngere Bildungen zwischen beide: Ablagerungen des Tertiärs, der oberen Kreide und der Trias. Die Trias ist durch den an einer früheren Stelle besprochenen roten „Connecticutsandstein" vertreten, der in seinem Aussehen dem Buntsandsteine Deutschlands ähnlich ist und durch die Menge und Mannigfaltigkeit der Fährten oder Fußeindrücke auf zwei Beinen wandelnder Tiere, vermutlich von Dinosauriern, ausgezeichnet ist (vgl. S. 184). Der Connecticutsandstein ruht größernteils in übergreifender Lagerung auf den abgewaschenen Schichtköpfen der archäischen Zone der Appalachen, hat aber doch noch an den letzten Aufrichtungsbewegungen teilgenommen: teilweise und namentlich im südlichen Gebiete ihrer Verbreitung schiebt er sich zwischen die kristallinischen Schiefer und die jüngeren Ablagerungen ein. Tertiär und Kreide erscheinen zuerst auf einzelnen die Küste begleitenden Inseln, auf Nantucket, auf Long Island gegenüber von New York 2c. Dann aber nehmen sie einen immer breiter werdenden Küstensaum ein, der sich bis an das Südostende der Vereinigten Staaten hinabzieht, die ganze Halbinsel Florida einnimmt und sich von da westwärts bis nach Mexiko fortzieht; eine mächtige Bucht erstreckt sich von diesem breiten jüngeren Saume, dem Thale des Mississippi entsprechend, nach Norden zwischen die älteren paläozoischen Schichten. Die obere Kreide ist in diesem Gebiete ganz, das Tertiär wenigstens zum großen Teil aus Meeresablagerungen zusammengesetzt. Die Kreide stimmt in ihrer ganzen Entwickelung gut mit der in Europa überein; namentlich in New Jersey ist sie der im nördlichen Deutschland, wie Credner bewiesen hat, auffallend ähnlich. Auch das Tertiär, namentlich das Eocän und das Miocän, läßt viele Anklänge an europäische Verhältnisse erkennen; doch sind wir über dessen Gliederung und Fauna noch nicht hinreichend orientiert.

Wie schon erwähnt, verflachen die Falten der Appalachen gegen Westen; es tritt horizontale Lagerung aller Schichtengesteine bis hinab zu denen der kambrischen Formation ein. Dieses Gebiet zwischen den Appalachen im Osten und den Rocky Mountains im Westen läßt sich in der ungestörten Anordnung der Gesteine mit der gewaltigen russisch-skandinavischen Tafel in Europa vergleichen. Im nördlichen Teile, in dem kanadischen Anteil, stehen vorwiegend uralte, archäische Gneise, Granite, Glimmerschiefer an, die sich von da bis hinauf nach den unwirtlichen Strichen des hohen Nordens, den „Barren Grounds" am Ufer des Eismeeres, erstrecken und die Hauptmasse der Inseln des amerikanischen Polararchipels bilden. Die kanadischen Gebiete haben Anlaß zu einer Gliederung der archäischen Ablagerungen gegeben, die nicht nur für Amerika gültig sein sollte, sondern von vielen auch auf die Ablagerungen anderer Gegenden übertragen worden ist und vielfach noch heute in der Geologie von Europa eine ungerechtfertigt große Rolle spielt. Die mächtigen Gneismassen, die weithin in Nordamerika und namentlich an den Ufern des Lorenzstromes und am Nordrande seiner großen Seen auftreten, wurden als „laurentinische Formation" zusammengefaßt; und die kalkigen Einlagerungen in diesem System sollten die ältesten sicher erkennbaren Spuren von fossilen Tierresten, die Reste der als „Eozoon" bezeichneten Riesenforaminifere (s. Abbildung, Bd. I, S. 657), enthalten. Gewiß stellen diese Gneismassen die ältesten Ablagerungen von Nordamerika dar; aber der Versuch, sie als einen zeitlichen Stellvertreter petrographisch ähnlicher Gesteine in Europa aufzufassen, entbehrt der positiven Begründung, und auch das Eozoon, das vermeintliche Leitfossil dieser Formation, wird jetzt von der großen Mehrzahl der Paläontologen als eine unorganische Bildung betrachtet (vgl. Bd. I, S. 660). Andere kristallinische Schiefer, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer, Chloritschiefer, Urthonschiefer 2c., werden in Amerika als „huronische Formation" bezeichnet, die in ungleichmäßiger Lagerung über den laurentinischen Gneisen ruhen soll. Doch ist, sowohl was dies Verhältnis als das der huronischen Schiefer zu den kambrischen und silurischen Schiefern anlangt, noch so vieles unaufgeklärt,

Digitized by Google

daß für eine Beurteilung der Verhältnisse in anderen Gegenden nach diesem Muster noch weit weniger Anlaß vorliegt. Wie dem auch sei, jedenfalls nehmen archäische Gesteine den größten Teil des nördlichen Nordamerika östlich von den Rocky Mountains ein. Allein sie bilden diese riesigen Strecken nicht für sich allein, sondern es treten auch Schollen horizontal gelagerter Schichtgesteine auf, die vereinzelt bis in die höchsten nördlichen Breiten reichen. Hierher gehören jene merkwürdigen Vorkommnisse mariner Ablagerungen paläozoischen Alters mit zahlreichen Resten von Mollusken, Brachiopoden und Korallen, die mesozoischen Schichten mit Saurierresten, Ammoniten und die reichen Pflanzenlager des Tertiärs, die in Grinnell-Land noch bis zum 81. Grade nördlicher Breite hinaufragen.

Auch **Grönland** scheint der Hauptsache nach eine Masse archäischer Gesteine darzustellen, denen an ihrem westlichen Rande pflanzenführende Schichten der Kreide und des Tertiärs, im Osten pflanzenführendes Tertiär und Jura angeklebt sind. Das Innere von Grönland ist großenteils eine bis in die Nähe des Randes vergletscherte Eiswüste. Auch in manchen Teilen des Polararchipels ist bleibendes Landeis. Den größten Teil des nördlichsten Nordamerika aber nehmen die „Barren Grounds" ein, unfruchtbare und von Erdreich entblößte Strecken, in denen die Gneise nackt und kahl die Oberfläche bilden. Vom Eis abgeschliffen und in rundhöckerige Formen gebracht, stellen sie eine überaus eintönig wellige Fläche vom trostlosesten Aussehen dar. Zahlreiche Wasseransammlungen finden sich hier; und auch der südlichere, mit Vegetation bedeckte Teil von Britisch-Nordamerika trägt eine Menge Seen, von denen manche eine bedeutende Fläche bedecken: das Kennzeichen eines während der Diluvialzeit stark vergletscherten Landes.

Während im östlichen Teile von Britisch-Nordamerika die archäischen Schiefer vorherrschen, sind weiter südlich in den Vereinigten Staaten in der Region westlich von den Appalachen die verschiedenen Glieder der paläozoischen Schichtreihe großartig entwickelt. Die Silurformation, das Devon, der Kohlenkalk weisen eine Mächtigkeit der Gesteinsentwickelung, einen Reichtum der Gliederung und eine Fülle der schönsten Versteinerungen auf, wie sie in keinem Teile der Welt wiederzukehren scheinen. Auch die produktive Kohlenformation ist so stark ausgebildet, daß die östliche Hälfte der Vereinigten Staaten alle anderen Gebiete der Erde an Kohlenreichtum übertrifft oder höchstens von China erreicht wird. Im Südwesten, in Texas, folgen über den Ablagerungen der Kohlenformation Binnenbildungen der Trias. Alle diese älteren Gebilde versinken aber dann gegen Westen unter einer ungemein ausgebreiteten Decke von Kreidebildungen, die am Golfe von Mexiko beginnen und sich in einer breiten Zone weithin nach Norden in die wenig bekannten Regionen des zentralen Teiles von Britisch-Amerika vermutlich bis gegen den 60. Grad nördlicher Breite erstrecken und unter allen Flözformationen Nordamerikas den größten Raum einnehmen. Die untere Kreide fehlt diesem Gebiete nach den bisherigen Erfahrungen vollständig. Die älteste Abteilung, die hier auftritt, die Dakotagruppe, gehört schon der oberen Kreide an und entspricht wahrscheinlich der Cenomanstufe Europas ganz oder teilweise. Sie enthält eine reiche Flora von Landpflanzen, unter denen, wie in unseren gleichalterigen Bildungen, die Dikotyledonen zum erstenmal vorwiegen; neben diesen aber erscheinen auch in manchen Lagen der Dakotagruppe marine Einlagerungen. In den höheren Abteilungen der Kreideformation folgt mehrfacher Wechsel von Meeres- und Binnenablagerungen, diese oft mit Kohlen und Resten von Reptilen. Die höchste Stufe nehmen als Grenzgebilde gegen das Tertiär die Laramieschichten ein mit einer überwiegend dem süßen Wasser angehörigen Bevölkerung von Konchylien, deren interessante Beziehungen zu den Kreidevorkommnissen in Europa und zu der lebenden Fauna des Tanganyikasees an einer früheren Stelle (S. 301) besprochen worden sind. Außer diesen Mollusken, die wir namentlich durch die Untersuchungen von White kennen, treten noch zahlreiche Dinosaurierreste sowie eine Menge von Landpflanzen auf, die in ihrem Charakter

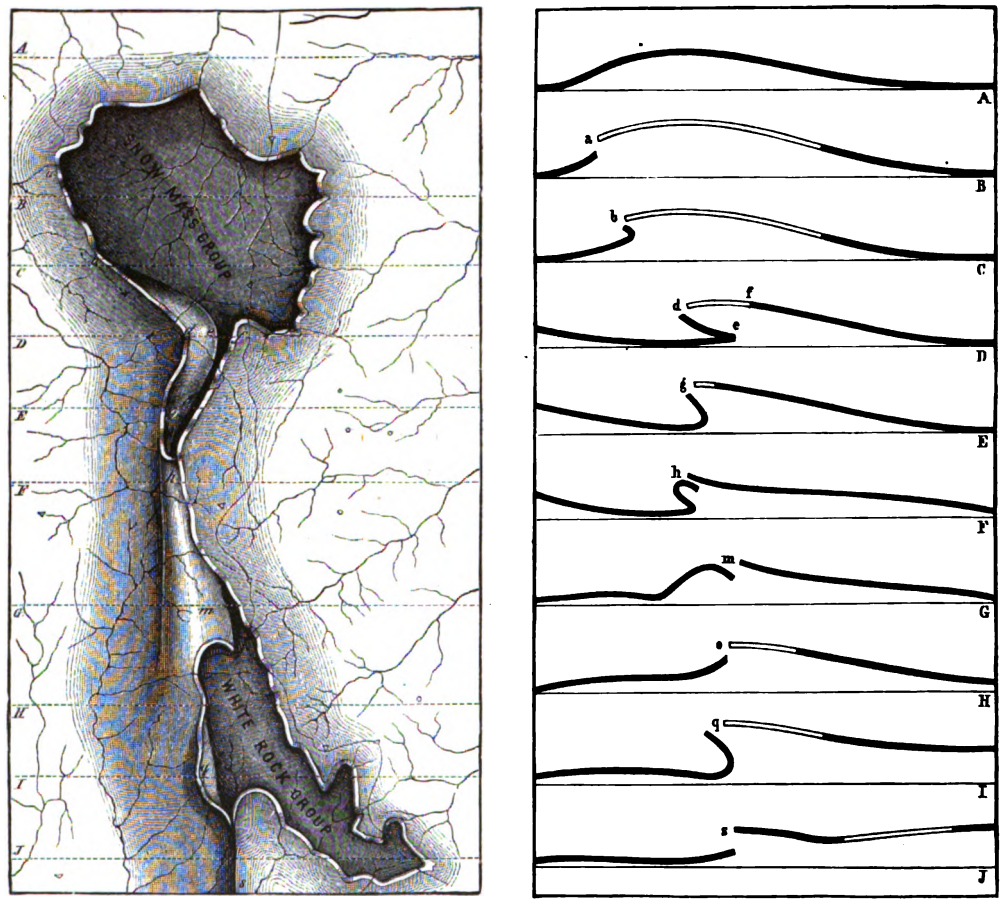
Digitized by Google

nicht den gleichalterigen Floren Europas, sondern dessen miocäner Pflanzenwelt ähnlich sind. Der Binnensee, aus dem sich diese Laramieschichten ablagerten, scheint gewaltigen Umfang besessen zu haben: man kann seine Ablagerungen von Santa Fé in Neumexiko bis an den Saskatchewanfluß in Britisch-Nordamerika über fast 20 Breitengrade hinweg verfolgen. Die zusammenhängende Masse von Schichten der oberen Kreide bildet eine von Osten nach Westen bis an den Rand der Rocky Mountains allmählich ansteigende Tafel mit wenigen Erhebungen, der Hauptsache nach eine ungeheure Ebene mit Steppencharakter, die stellenweise auf bedeutende Striche vollständig zur Wüste wird. Hierher gehört das Gebiet der großen Prärie, die früher von den Reiterschwärmen der Indianer und den unzählbaren Herden der Büffel bewohnt war, deren ursprüngliche Bevölkerung aber mit reißender Schnelligkeit verschwindet und einer neuen Ordnung der Dinge Platz macht. Hierher gehört auch die „große amerikanische Wüste" am Fuße der Rocky Mountains und südlich von ihr der Llano estacado, eine über alle Beschreibung trostlose Steintafel ohne Wasser und Vegetation, an deren Aufbau übrigens nach Marcou auch Schichten des Jura und der Trias teilnehmen. Auch sonst ist nicht das ganze in Rede stehende Gebiet ausschließlich aus oberer Kreide gebildet. Die isolierte Berggruppe der Black Hills in Dakota stellt einen eigentümlichen elliptischen Aufbruch von älteren Gesteinen, archäischen Schiefern, paläozoischen Schichten und borealem Jura dar, und anderseits wird ein weiter Flächenraum durch Tertiärablagerungen verhüllt. Außer einigen kleineren Vorkommnissen tritt eine mächtige, zusammenhängende Partie auf, die den größten Teil von Nebraska und bedeutende Teile von Wyoming, Dakota, Kansas und Colorado deckt. Wie überall in Nordamerika, abgesehen von dem Küstensaum und der Mississippibucht, ist auch hier das Tertiär nur durch Süßwasserbildungen vertreten, vorwiegend durch Schichten von oberoligocänem und neogenem Alter. Ihre Mergel und Sandsteine bilden größtenteils ein wüstes, vegetationsloses Gebiet, dessen Oberfläche durch die grellen, brennenden Farben der Gesteine und durch ihre Neigung zur Verwitterung in den abenteuerlichsten Gestalten von Nadeln, Obelisken, Türmen, Zinnen, pilzartigen Gebilden ꝛc. den sonderbarsten Anblick gewährt (s. die Tafel bei S. 372). Das sind die Mauvaises Terres der kanadischen Waldläufer und Trapper, die für den Geologen und Paläontologen von besonderem Interesse sind wegen der zahllosen Reste von Wirbeltieren und namentlich von Säugetieren, die sie enthalten. Besonders in der ersten Zeit, als die Aufsammlung der Fossilreste erst begonnen hatte und die seit langer Zeit ausgewitterten Stücke in Menge umherlagen, waren diese Fundstellen von einer geradezu beispiellosen Reichhaltigkeit; sie haben hauptsächlich das Material zur Beschreibung der oberoligocänen und miocänen Formen durch Leidy und Cope geliefert. Wie schon erwähnt, steigt die Fläche des Prärielandes gegen Westen, gegen die Rocky Mountains zu, allmählich an, und die Steppe am Fuße dieser liegt in einer Höhe von etwa 1600 m. Dann biegen sich am Gebirgsrande die Kreideschichten plötzlich nach aufwärts, und unter ihnen tauchen dann die älteren Schichten des Jura, der Trias und der paläozoischen Periode, endlich archäische Felsarten auf, die die höchsten Gipfel bilden.

Der Bau der Rocky Mountains und der mit ihnen zusammenhängenden Züge ist in der Zusammensetzung der einzelnen Ketten in großen Zügen einfach, und da überdies kein reicher Pflanzenwuchs vorhanden ist, der die Gesteine verhüllt, so ist ein Überblick in dieser Richtung leicht zu gewinnen. Ja, kaum gibt es eine zweite Gegend auf Erden, wo der Bau mächtiger Gebirge und die Beschaffenheit der Störungen, von denen sie betroffen worden sind, mit solcher Klarheit hervortreten; die mächtigsten Bruchlinien und Verwerfungen stellen sich schon aus der Entfernung dar, als ob man die Schichtmassen mit einer feinen Säge auseinander geschnitten, gegeneinander verschoben und dann wieder sorgsam aneinander gepaßt hätte. Selbstverständlich förderte diese Natur des Landes nicht nur das Studium der einzelnen Erscheinungen,

Digitized by Google

sondern auch die gesamte Auffassung der Gebirgsbildung in hohem Maße. In der That sehen wir gerade in den Arbeiten der amerikanischen Geologen große Fortschritte in dieser Richtung begründet, und ihre Erfolge haben auch auf die neueren Anschauungen der europäischen Forscher wesentlichen Einfluß geübt. Eine Eigentümlichkeit der Darstellung in den amerikanischen Werken bilden die Modellzeichnungen der Gebirge, die durch den großartig einfachen Aufbau ermöglicht werden und das Verständnis der Vorgänge sehr erleichtern. Wir haben an einer früheren



Modellzeichnung der Elk Mountains. Links: die überschobene Falte; rechts: Profile durch die überschobene Falte. (Nach Holmes.)

Stelle eine solche Modellzeichnung der „Laccolithen" in den Henry Mountains kennen gelernt (Bd. I, S. 274). Hier mag zur näheren Erläuterung die Zeichnung betrachtet werden, wodurch Holmes den Bau und die Entstehung der Elk Mountains, einer Zweigkette des Systems der Rocky Mountains, darstellt. Von den beiden obenstehenden Abbildungen stellt die linke die Elk Mountains in der Vogelperspektive dar, jedoch in der Weise, daß nur die Schichten der oberen Kreide gezeichnet sind, die in der das Gebirge umgebenden Gegend die Oberfläche bilden und zugleich das jüngste Glied sind, das von der Faltung noch betroffen wurde. Die älteren Massen und Schichtgesteine, in zwei großen Partien aus den Kreideschichten hervorragend, sind ganz ausgelassen; an ihrer Stelle erscheinen tief dunkel schraffierte Vertiefungen. In Wirklichkeit erheben sich gerade hier die höchsten aus Granit gebildeten Erhebungen der Elk Mountains,

Digitized by Google

Digitized by Google

SINTERTERRASSE DES MAMMUTGEISERS IM YELLOWSTONE-PARK

(Nach der Natur)

Digitized by Google

nämlich Snow Maß und White Rock, deren Namen in die Abbildung eingeschrieben sind. Betrachten wir nun die Lagerung der Kreideschichten, so kann über die Art des Vorganges in seinen Hauptzügen kein Zweifel herrschen. Offenbar hat von der rechten Seite (der Zeichnung) her ein horizontaler Druck stattgefunden, der die Kreideschichten zerbrach, den rechten Flügel über den linken stellenweise wegschob und dessen Überkippung herbeiführte. Die rechte Zeichnung stellt zehn schematische Durchschnitte durch die Kreideschichten dar, in denen die noch vorhandenen Teile durch dicke, schwarze Striche, die denudierten durch dünne Doppellinien angezeigt sind. Die Lage der Profillinien ist auf dem linken Bilde durch korrespondierende Linien angezeigt.

So klar in der Regel im einzelnen der Bau der Ketten im Gebirgssystem der Rocky Mountains ist, so verwickelt ist die Anordnung der verschiedenen Ketten und Abzweigungen und der Einsenkungen dazwischen. Die Hauptkette liegt ganz im Osten mit nordsüdlichem Verlauf, ihr gegenüber als westlichstes Glied des ganzen Systems das Wahsatchgebirge am Ufer des Großen Salzsees von Utah. Der Hauptstamm der Rocky Mountains birgt in seiner mittelsten Partie, der Nordwestecke des Staates Wyoming, den vielbewunderten „Yellowstone National Park" mit seiner Fülle von merkwürdigen Naturerscheinungen (s. die beigeheftete Tafel „Sinterterrasse des Mammutgeisers"). Etwas südlich davon zweigen sich von ihm verschiedene nach Nordwesten gerichtete Ketten ab, die in der Richtung gegen den Wahsatch hinüberziehen. Selbst das Uintagebirge, das westöstlich unter rechtem Winkel vom Wahsatch zu den Rocky Mountains hinüberläuft, scheint nur eine derartige Abzweigung zu sein. Das Wahsatchgebirge reicht nicht weit vom Salzsee von Utah nach Süden. Bald bricht es ab, und an seine Stelle tritt das mächtige, von zahlreichen verwickelten Verwerfungen durchsetzte Hochplateau des Colorado, in das sich dieser Strom seine riesige Erosionsschlucht, den Großen Cañon, eingeschnitten hat, der stellenweise bis zu fast 2000 m Tiefe in die meist kahle und wüste Hochebene eindringt (s. die Tafel, Band I, S. 485). Westlich vom Wahsatch betreten wir ein durchaus anderes Gebiet, das große amerikanische Becken, ein weites Land ohne Abfluß der Gewässer gegen das Meer, mit zahlreichen Salzseen, den Überresten von Wasserflächen der Diluvialzeit, wie wir sie in dem Bonneville-, Lahontam- und anderen Seen kennen gelernt haben (S. 461). Der ganze Bezirk trägt Steppen- und Wüstencharakter. Der Boden ist großenteils von jungen Bildungen bedeckt, aus denen eine große Zahl einzelner selbständiger, von Norden nach Süden streichender Ketten aus archäischen, paläozoischen Gesteinen emportaucht. Auch junge Eruptivgesteine treten in Massen auf. Besonders aber schließt sich gegen Norden an dieses Becken in Oregon, Washington und Idaho eine Region an, in der die vulkanischen Felsarten ein zusammenhängendes Gebiet von solchem Umfange bedecken, daß sie auf der ganzen Erde höchstens von den „Trappen" der vorderindischen Halbinsel an Ausdehnung übertroffen werden. Wie im Osten das Wahsatchgebirge, so säumt im Westen eine mächtige Bergkette, die Sierra Nevada, das große Binnenbecken ein. Die Sierra Nevada übertrifft an Höhe, Ausdehnung und Bedeutung den Wahsatch bedeutend, sie trägt eine Anzahl von Gipfeln, die sich über 4500 m erheben, und stellt ein alpines Hochgebirge dar. Nach Norden setzt sie sich als Kaskadengebirge fort, und ihre Ausläufer scheinen bis in den höchsten Norden des amerikanischen Festlandes weiterzustreichen. Westlich von der Sierra Nevada folgt eine tiefe Einsenkung, das große kalifornische Längsthal, vom Sacramento durchströmt. Dann folgt am Ufer des Stillen Ozeans das Küstengebirge (Coast Range), großenteils aus flyschähnlichen Gesteinen und aus kristallinischen Schiefern in einer Weise zusammengesetzt, daß beiderlei Gebilde vollständig ineinander übergehen und eine Grenze zwischen beiden kaum gezogen werden kann; die Verlängerung des Küstengebirges gegen Süden ist die niederkalifornische Halbinsel.

Wichtig wäre es, die Gebirgsketten, wie wir sie im westlichen Teile der Vereinigten Staaten kennen gelernt haben, durch Mexiko weiter zu verfolgen. Leider ist unsere geologische Kenntnis

Digitized by Google

SINTERTERRASSE DES MAMMUTGEISERS IM YELLOWSTONE-PARK.

(Nach der Natur.)

UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

nämlich Snow Maß und White Rock, deren Namen in die Abbildung eingeschrieben sind. Betrachten wir nun die Lagerung der Kreideschichten, so kann über die Art des Vorganges in seinen Hauptzügen kein Zweifel herrschen. Offenbar hat von der rechten Seite (der Zeichnung) her ein horizontaler Druck stattgefunden, der die Kreideschichten zerbrach, den rechten Flügel über den linken stellenweise wegschob und dessen Überkippung herbeiführte. Die rechte Zeichnung stellt zehn schematische Durchschnitte durch die Kreideschichten dar, in denen die noch vorhandenen Teile durch dicke, schwarze Striche, die denudierten durch dünne Doppellinien angezeigt sind. Die Lage der Profillinien ist auf dem linken Bilde durch korrespondierende Linien angezeigt.

So klar in der Regel im einzelnen der Bau der Ketten im Gebirgssystem der Rocky Mountains ist, so verwickelt ist die Anordnung der verschiedenen Ketten und Abzweigungen und der Einsenkungen dazwischen. Die Hauptkette liegt ganz im Osten mit nordsüdlichem Verlauf, ihr gegenüber als westlichstes Glied des ganzen Systems das Wahsatchgebirge am Ufer des Großen Salzsees von Utah. Der Hauptstamm der Rocky Mountains birgt in seiner mittelsten Partie, der Nordwestecke des Staates Wyoming, den vielbewunderten „Yellowstone National Park" mit seiner Fülle von merkwürdigen Naturerscheinungen (s. die beigeheftete Tafel „Sinterterrasse des Mammutgeisers"). Etwas südlich davon zweigen sich von ihm verschiedene nach Nordwesten gerichtete Ketten ab, die in der Richtung gegen den Wahsatch hinüberziehen. Selbst das Uintagebirge, das westöstlich unter rechtem Winkel vom Wahsatch zu den Rocky Mountains hinüberläuft, scheint nur eine derartige Abzweigung zu sein. Das Wahsatchgebirge reicht nicht weit vom Salzsee von Utah nach Süden. Bald bricht es ab, und an seine Stelle tritt das mächtige, von zahlreichen verwickelten Verwerfungen durchsetzte Hochplateau des Colorado, in das sich dieser Strom seine riesige Erosionsschlucht, den Großen Cañon, eingeschnitten hat, der stellenweise bis zu fast 2000 m Tiefe in die meist kahle und wüste Hochebene eindringt (s. die Tafel, Band I, S. 485). Westlich vom Wahsatch betreten wir ein durchaus anderes Gebiet, das große amerikanische Becken, ein weites Land ohne Abfluß der Gewässer gegen das Meer, mit zahlreichen Salzseen, den Überresten von Wasserflächen der Diluvialzeit, wie wir sie in dem Bonneville-, Lahontam- und anderen Seen kennen gelernt haben (S. 461). Der ganze Bezirk trägt Steppen- und Wüstencharakter. Der Boden ist großenteils von jungen Bildungen bedeckt, aus denen eine große Zahl einzelner selbständiger, von Norden nach Süden streichender Ketten aus archäischen, paläozoischen Gesteinen emportaucht. Auch junge Eruptivgesteine treten in Massen auf. Besonders aber schließt sich gegen Norden an dieses Becken in Oregon, Washington und Idaho eine Region an, in der die vulkanischen Felsarten ein zusammenhängendes Gebiet von solchem Umfange bedecken, daß sie auf der ganzen Erde höchstens von den „Trappen" der vorderindischen Halbinsel an Ausdehnung übertroffen werden. Wie im Osten das Wahsatchgebirge, so säumt im Westen eine mächtige Bergkette, die Sierra Nevada, das große Binnenbecken ein. Die Sierra Nevada übertrifft an Höhe, Ausdehnung und Bedeutung den Wahsatch bedeutend, sie trägt eine Anzahl von Gipfeln, die sich über 4500 m erheben, und stellt ein alpines Hochgebirge dar. Nach Norden setzt sie sich als Kaskadengebirge fort, und ihre Ausläufer scheinen bis in den höchsten Norden des amerikanischen Festlandes weiterzustreichen. Westlich von der Sierra Nevada folgt eine tiefe Einsenkung, das große kalifornische Längsthal, vom Sacramento durchströmt. Dann folgt am Ufer des Stillen Ozeans das Küstengebirge (Coast Range), großenteils aus flyschähnlichen Gesteinen und aus kristallinischen Schiefern in einer Weise zusammengesetzt, daß beiderlei Gebilde vollständig ineinander übergehen und eine Grenze zwischen beiden kaum gezogen werden kann; die Verlängerung des Küstengebirges gegen Süden ist die niederkalifornische Halbinsel.

Wichtig wäre es, die Gebirgsketten, wie wir sie im westlichen Teile der Vereinigten Staaten kennen gelernt haben, durch Mexiko weiter zu verfolgen. Leider ist unsere geologische Kenntnis

Digitized by Google

dieses Landes so gering, daß dies ganz unmöglich ist. Näheres wissen wir nur über die außerordentlich entwickelten Vulkane, die einerseits in einer die pazifische Küste begleitenden Längsreihe angeordnet sind, zu der sich als zweites Glied eine Querreihe vom Atlantischen zum Stillen Ozean gesellt. Sie beginnt im Westen mit dem Vulkan von Tuxtla und dem gewaltigen Pik von Orizaba, verläuft von hier zur Stadt Mexiko, wo der Popocatepetl (s. die Tafel, Bd. I, S. 248), der Iztaccihuatl und andere mächtige Feuerberge stehen, und erreicht den Stillen Ozean mit dem Pik von Tanzitaro. Fest steht ferner, daß Bergketten das ganze Land der Länge nach durchziehen und im Süden in die zentralamerikanische Region eintreten. Hier aber nehmen sie in Honduras und Nicaragua die Richtung nach Osten und Ostnordosten und streichen gegen das Karibische Meer hinaus, an dem sie abbrechen. In den südlicheren Teilen von Zentralamerika, in Costarica und auf dem Isthmus von Panama, findet man nur Vulkane und ihre Tuffe und junge Tertiärablagerungen: dieses Verbindungsstück zwischen Nord- und Südamerika ist ganz jungen Alters.

Die Fortsetzung des Gebirges, das in Honduras und Nicaragua abbricht, finden wir jenseits des Meeres bruchstückweise in den Antillen wieder, die ein untergesunkenes, echtes Kettengebirge um den Kesselbruch des Karibischen Meeres bilden. Die Streichungsrichtung der Antillen macht eine vollständige Schwenkung. Auf der südlichsten unter ihnen, auf Trinidad, geht sie von Osten nach Westen, und die unmittelbare Fortsetzung ihrer Berge finden wir jenseits eines schmalen Meereskanals in den Kordilleren von Venezuela. Diese streichen anfangs ebenfalls nach Westen, drehen sich bei ihrem Durchtritt durch Kolumbien mehr und mehr nach Süden und gehen so allmählich in den riesigen Hauptstamm der südamerikanischen Anden über, der nach der gewöhnlichen Definition in Ecuador beginnt und von da längs der pazifischen Küste bis hinab zum Feuerland und Kap Hoorn streicht (vgl. Bd. I, S. 253—256). Außer den jungen Vulkanen beteiligen sich an dem Aufbau alte kristallinische Schiefer. Von einigen Punkten werden paläozoische Ablagerungen mit Versteinerungen der kambrischen, silurischen, devonischen Formation und des Kohlenkalkes erwähnt; auch Trias ist vereinzelt nachgewiesen. Von größerer Verbreitung aber sind die Bildungen des Jura und der Kreide. Jener hat an einer Menge von Punkten Fossile, namentlich Ammoniten geliefert, die mit denen Europas auffallend übereinstimmen. Auch die Kreide weist merkwürdige Anklänge an unsere Verhältnisse auf; ihr scheinen auch die mächtigen flyschähnlichen Schichten anzugehören, die in vielen Teilen der Anden eine Rolle spielen. Von Interesse ist endlich das Auftreten ganz ungeheurer Massen von Eruptivgesteinen, deren Ausbruchszeit in den Jura und die Kreide fällt. Massengesteine dieses Alters sind bekanntlich besonders in Europa überaus wenig vertreten, und es hatte sich daher vielfach die Ansicht verbreitet, daß während der Ablagerung dieser Formationen überhaupt eine Ruhezeit der vulkanischen Thätigkeit über die ganze Erde gewesen sei. Diese Ansicht wird, wie Steinmann bemerkt, durch die Verhältnisse in den südamerikanischen Anden aufs gründlichste widerlegt. Während die nördliche und westliche Küste Südamerikas ihrer ganzen Länge nach von einem riesigen Kettengebirge eingenommen wird, weicht der Rest des Kontinents durchaus ab. Den größten Teil seiner Oberfläche bildet die uralte, durch das ungeheure Schwemmland des Amazonenstromes ausgebuchtete brasilische Masse, ein gewaltiges Gneisgebiet, auf dem nur stellenweise jüngere Binnenablagerungen und obere marine Kreide liegen. Im Süden, in der Argentinischen Republik und in Patagonien, treten dann jene mächtigen tertiären und diluvialen Ablagerungen (vgl. S. 467) auf, die vor allem durch ihre riesige und fremdartige Säugetierfauna von Edentaten, Toxodonten, Macrauchenien und Nagern ausgezeichnet sind.

Digitized by Google

III. Die nutzbaren Minerale.

In den vorhergehenden Abschnitten der „Erdgeschichte" ist zu wiederholten Malen des Vorkommens gewisser Mineralstoffe gedacht worden, die ihrer kulturellen Verwendung wegen allgemein bekannt sind. Nicht immer hat man die Ausbeutung dieser Rohstoffe in so ausgedehnter Weise betrieben, wie dies heute der Fall ist. Langsam und allmählich, wie alles organische Wachsen, hat sich aus den primitiven Zuständen der vorgeschichtlichen Zeit der hohe Kulturzustand entwickelt, in dem sich die Menschheit heute befindet.

Es gab eine Periode, die Steinzeit, wo dem Menschen, als Zeitgenossen des Höhlenbären und des Mammuts, das Verständnis für die Ausbeutung des Mineralreiches fast vollkommen verschlossen war. Verschiedene Nötigungen des Lebens, hauptsächlich der Selbstverteidigungstrieb, ließen ihn ein Material suchen, das als Waffe geeignet war. Er ersah den Stein dazu, zuerst in der Form, die ihm die Natur bot, als Wurfstein, wie er ihn abgerundet und handgerecht im Flußbett fand. Später wurden durch künstliche Beihilfe Beile, Pfeilspitzen und messerartige Waffen aus Feuerstein roh zugeschlagen; und Werkzeuge durch Schleifen zu vervollkommnen, bedeutete schon einen großen Fortschritt. Den Lehm verstand man bereits in jener frühen Entwickelungsperiode zu mancherlei Gefäßen zu formen.

Eine spätere Epoche findet den Menschen bereits im Besitze metallurgischer Kenntnisse. Wundersam aber ist es, daß ihm zuerst nicht ein einfaches Metall bekannt wurde, sondern eine Legierung, die Bronze. Etwas später erweiterte sich der Kreis der ausgenutzten Mineralstoffe durch den Hinzutritt des Eisens. Wie die berühmten Gräberfunde von Hallstatt lehren, wurden in vorgeschichtlicher Zeit auch schon Steinsalz und Sole gewonnen.

So ungefähr gestalteten sich die ersten, frühesten Fortschritte auf dem Gebiete der Verwertung des Mineralreiches in Nord- und Mitteleuropa. In anderen Ländern, Amerika, Afrika oder Ostasien, dürfte der Weg wohl im allgemeinen ähnlich gewesen sein; nur müssen je nach den Landesverhältnissen mancherlei Abänderungen stattgefunden haben. Wo einzelne Minerale in besonders auffallender Menge und in einer Form, die eine möglichst unmittelbare Verwendung gestattet, vorlagen, wie das Gold in gewissen Teilen von Afrika, Ostasien und Amerika, das Silber in Mexiko und Peru, das Kupfer am Oberen See in Nordamerika, da dürfte wohl deren Benutzung früher eingetreten sein als in weniger begünstigten Gebieten.

In Ostasien war die Menschheit zweifellos schon früh im Besitze zahlreicher praktisch-mineralogischer Kenntnisse. Wir haben allen Grund zu der Annahme, daß es der Osten gewesen ist, von wo die am Mittelmeere wohnenden Kulturvölker des Altertums einen Teil ihrer Kenntnisse überkommen haben. Wir wissen, daß diese Völker, die uns in ihrer Litteratur hinlänglich Material zur Beurteilung ihres Kulturzustandes hinterlassen haben, mancherlei Industrien betrieben

Digitized by Google

und bereits mehrere Metalle, wie Gold, Silber, Blei, Zinn, Kupfer, Quecksilber und Eisen, gekannt haben. Sie benutzten allerlei Schmuck- und Edelsteine, vervollkommneten das Bauwesen durch Mörtelsubstanzen, waren Meister in der Keramik und im Behauen des Marmors. Erdöl und Mineralkohle waren ihnen vertraut, wenn sie auch diese Stoffe nicht in größerem Maße ausgebeutet haben. Der Bergbau wurde zwar im Altertum primitiv betrieben, aber nach Kräften gefördert. Namentlich unter der Römerherrschaft kam er sowohl in Italien als auch in den eroberten Provinzen zu rascher Blüte.

Nach dem Niedergang der Staaten des Altertums gingen die kulturellen Errungenschaften der Mittelmeervölker nur zum Teil auf die Völker des Nordens über. Nach den Stürmen der Völkerwanderung trat ein Stillstand, ja selbst ein Rückschritt in der Entwickelung der materiellen Kultur ein. Erst allmählich wurden wieder Fortschritte angebahnt, die sich an das Aufleben eines neuen Bergwerksbetriebes anknüpfen. Im 7. und 8. Jahrhundert wurden in verschiedenen Teilen von Deutschland, namentlich in Tirol, zahlreiche Bergbaue gegründet, und im 10. Jahrhundert erstanden die nachmals so berühmten Harzer und im 11. Jahrhundert die sächsischen Gruben. Sächsische Bergleute zogen nach Schweden, Norwegen, Böhmen und Ungarn. Im 13. Jahrhundert begannen die ersten Kohlenförderungen in Newcastle. Hatten die Römer ihre Baue ohne jedwede Kenntnisse über das Fortsetzen und die Form der Lager und Gänge angelegt, so wurde zur Zeit des Mittelalters schon mit Umsicht und Sicherheit vorgegangen: man suchte ein Bild der jeweiligen Lagerung zu gewinnen, war auf Verbesserung des Betriebes und Abbaues und auf Einführung maschineller Vorrichtungen bedacht. In dem Maße, als sich die mittelalterliche Kultur, begünstigt durch das Wiederaufleben der humanistischen Studien, ausgestaltete, nahm auch die Verwertung des Mineralreiches immer größere Bedeutung an.

Zu voller Entfaltung gelangte sie aber erst mit der Ausbildung der Naturwissenschaften. Da erst begann an Stelle empirischer Versuche die zielbewußte, planmäßige Bewältigung und Ausbeutung der Natur, die nach kurzer Zeit eine gänzliche Umwälzung auf dem Gebiete materieller Lebensführung zur Folge hatte. Die Geologie lehrte die Lagerungsverhältnisse verstehen und erleichterte das Aufsuchen, die Verfolgung und den Abbau der Lagerstätten nutzbarer Minerale. Die Fortschritte der Physik und Maschinenkunde ermöglichten das Vordringen in große Erdtiefen und bewirkten eine bedeutende, fast unbegrenzte Steigerung der Produktion bei sicherer und billiger Arbeit. Die Chemie endlich brachte die Entdeckung zahlreicher neuer Grundstoffe und Verbindungen und eröffnete unausgesetzt neue Wege zu vorteilhafter Ausbringung und Verwendung der Rohstoffe. Dies hatte zur Folge, daß in der Ausnutzung der Mineralkörper und in der Vermehrung ihrer Gewinnungsorte eine Steigerung eintrat, deren Abschluß in unabsehbare Zeit hinausgerückt erscheint.

Um über die Menge der gegenwärtig als nutzbar betrachteten Minerale eine Übersicht zu gewinnen, wird man am besten die Art der Verwendung als Ausgangspunkt nehmen. Da diese von gewissen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Mineralkörper abhängt, dieselben Eigenschaften aber auch die mineralogische Anordnung beeinflussen, so werden die technologischen Gruppen teilweise auch mit den natürlichen mineralogischen Gruppen zusammenfallen. Danach lassen sich vier große Abteilungen unterscheiden und zwar: 1) die Salze, Sol- und Mineralquellen; 2) die brennbaren Minerale: Kohlen und Kohlenwasserstoffe; 3) die metallischen Minerale und Erze; 4) die Steine und Erden.

Digitized by Google

10. Die Salze. Die Sol- und Mineralquellen.

Inhalt: Das Salz. Historisches. Entstehung der Salzlager. Salz in allen Formationen. Wieliczka. Siebenbürgische Salinen. Staßfurt. Alpine Salzlager. Solen. Seesalz. Salzseen der Steppengebiete. Statistisches. — Die Sol- und Mineralquellen.

Das Salz ist der einzige Mineralkörper, der dem Menschen als Nahrungsmittel dient und ihm als Würze seiner Speisen unentbehrlich ist. Auch wenn uns Geschichte und Urgeschichte keine direkten Beweise für die Benutzung des Salzes in früheren Zeiten darbieten würden, so könnten wir schon aus seiner Unentbehrlichkeit auf seine frühzeitige Verwendung schließen. Das Alte und das Neue Testament (Matth. 5, 13), die Schriften griechischer und römischer Klassiker bergen in der That viele darauf Bezug nehmende Angaben, und auch die Urgeschichte liefert hierzu manche interessante Anhaltspunkte. Die alten Kulturvölker gewannen das Salz nach Herodot, Plinius, Dioskorides, Aristoteles und anderen größtenteils durch Verdampfen von Meerwasser; doch verstanden sie auch Solquellen zu verwenden, und es waren ihnen manche Steinsalzvorkommnisse, wie das beim Tempel des Jupiter Ammon in Libyen, bekannt. Im Altertum haben sich namentlich die Römer als bergbautreibendes Volk hervorgethan; sie erblickten in der Verwertung der nutzbaren Minerale im eigenen Land und in den eroberten Provinzen einen wesentlichen Teil ihrer kulturellen Aufgabe. So begegnen wir vielfach Spuren altrömischer bergbaulicher Thätigkeit. In den Salinargebieten von Máros-Ujvár und Thorda in Siebenbürgen hat man alte Tagbaue[1] entdeckt, die unzweifelhaft aus der Zeit der Römerherrschaft herrühren. Die Römer suchten bei den in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche anstehenden Salzstöcken Siebenbürgens zuerst die wenig mächtige Schotter- und Dammerde-Decke zu entfernen und häuften das Material am Rande des Salzstockes zu wallartigen Halden an, die zum Teil noch heute erhalten sind. Das entblößte Salz wurde nun einfach von obenher in trichterförmigen Abbauräumen gewonnen. Auf diese Weise konnte keine bedeutende Tiefe erzielt werden, und es ergab sich bald die Notwendigkeit neuer Grubenanlagen, so daß mit der Zeit die ganze Oberfläche der Salzlager durchwühlt und mit trichterförmigen Abbauen bedeckt wurde. Da in den siebenbürgischen Salinen auch Spuren mittelalterlicher Bergbaue vorhanden und hier wie auch in den Salzrevieren der Marmarosch in Ungarn überdies noch Stein- und Bronzewerkzeuge aus noch viel älterer Zeit aufgefunden worden sind, so darf man diese Salinargebiete wohl mit zu den allerältesten Kulturpunkten zählen, wo der Mensch seit vielen Jahrhunderten eine nahezu ununterbrochene industrielle Thätigkeit ausübt.

Auch unseren Vorfahren, den Kelten und Germanen, war die Salzgewinnung keineswegs fremd. Sie erzeugten das Salz primitiv, indem sie salzhaltige Lösungen aus ausgelaugter Pflanzenasche, Meerwasser oder Sole auf glühende Kohlen gossen und so verdampfen ließen. Sie erzielten dadurch ein schwarzes, unreines Salz, das seines Aschengehaltes wegen einen beißenden Beigeschmack hatte. Der Besitz von Solquellen war für sie so wichtig, daß er sogar blutige Kriege veranlaßte. Einen ausgedehnten Salzbergbau scheinen namentlich die Kelten getrieben zu haben. Schon das häufige Vorkommen des angeblich keltischen Wortstammes „hal" in Bezeichnungen für salzreiche Orte deutet darauf hin. Die uralten Gebräuche, Gerechtsame und Spracheigentümlichkeiten der Genossenschaft der Salzarbeiter in Halle an der Saale, der Halloren, werden von den meisten Forschern ebenfalls als Überreste aus keltischer Zeit gedeutet. Die

[1] Tagbau ist der Betrieb, der bei geringer Mächtigkeit der Deckschicht von oben, von Tage aus, beginnt.

Digitized by Google

berühmten Gräberfunde von Hallstatt, die Funde am Dürnberg bei Hallein beweisen, daß in den Nordostalpen eine reiche Bevölkerung in vorrömischer Zeit Salzbergbau getrieben und aus der Salzgewinnung so große Vorteile gezogen hat, daß Luxus und selbst Kunstliebe zu gedeihlicher Entfaltung gelangen konnten.

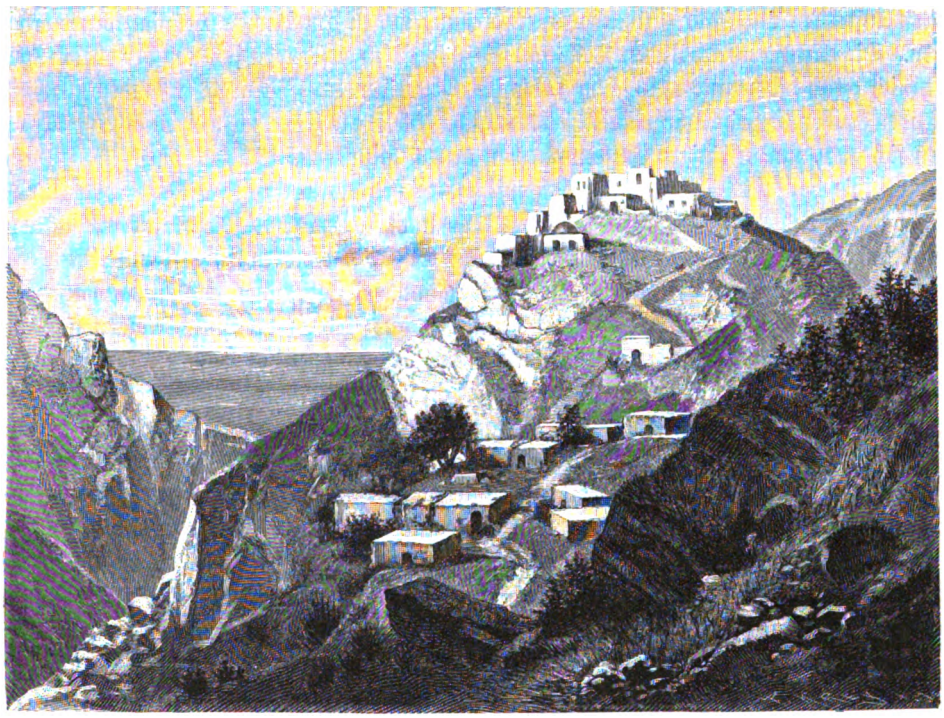
So uralt nun auch die Auffindung, Verwendung und Erzeugung von Kochsalz ist, so konnte seine eigentliche chemische Natur doch erst im Anfang dieses Jahrhunderts erkannt werden, als Davy im Jahre 1810 lehrte, daß das Salz aus Chlor und Natrium (im Verhältnis von 60,7 Chlor und 39,3 Natrium) zusammengesetzt ist. Wo es Gelegenheit hat, in Drusenräumen frei auszukristallisieren, nimmt es die Form von regelmäßigen Würfeln an; im reinen Zustande wasserhell, bekommt es, mit Thon verunreinigt, graue Färbung und kann ausnahmsweise selbst blau oder rötlich gefärbt erscheinen. Das Salz ist auf der Erde außerordentlich weit verbreitet; seine unerschöpfliche Vorratskammer bildet das Meer. Zwar findet man es wohl auch an den Aschenkegeln von Vulkanen, wo es nach Eruptionen in gasförmigem Zustande ausströmt und in Kristallform zum Niederschlag kommt; doch verschwindet die Menge dieses vulkanischen Salzes gegen den unendlichen Salzreichtum des Meeres.

Unter welchen Umständen es geschehen kann, daß sich an gewissen Stellen aus dem Meere Salzlager absetzen, ist schon im ersten Bande (S. 596—602) auseinandergesetzt worden. Nur um den Zusammenhang der Darstellung aufrecht zu erhalten, muß das Wichtigste darüber hier kurz wiederholt werden. Salzlager können sich im offenen Meere nicht bilden, ebensowenig können sie durch völliges Austrocknen gänzlich vom Meer abgetrennter Buchten entstanden sein, da die Salzmenge, die dann zum Absatz gelangen könnte, viel zu gering ist, um mit den bekannten Salzlagern verglichen werden zu können. Dagegen können die mächtigsten Salzlagerstätten in genügend tiefen Buchten gebildet worden sein, die durch eine Barre vom offenen Meere teilweise abgetrennt waren. Eine derartige Barre, wie sie bei der großen Salzpfanne des Kaspisees, dem Kara Bugas, besteht, muß den Zutritt der Flut in das Becken gestatten und zugleich den Rückfluß der schweren Mutterlauge ermöglichen. Weitere Bedingungen der Salzbildung sind ferner trockenes Klima und Süßwasserarmut der Umgebung des Salzbusens. Da sich diese Bedingungen zu allen Zeiten, in allen Perioden der Erdgeschichte wiederholt haben können, so finden wir das Steinsalz auch thatsächlich in allen Formationen der Erdrinde und in allen Weltteilen. Zuweilen kann man sogar die Wahrnehmung machen, daß gewisse Gebiete während der Zeit mehrerer Formationsstufen, ja Formationen hindurch besonders günstige Bedingungen für die Salzbildung dargeboten haben. So haben in Deutschland von der Zeit des oberen Zechsteines bis zum Schluß der jüngsten Triasstufe der Salzbildung günstige Verhältnisse geherrscht; in den Karpathen finden sich Salzspuren in der Kreideformation, zahlreiche Solen im Alttertiär und mächtige Salzlager im jüngeren Tertiär.

Die geologisch ältesten Salzlager finden wir im Kambrium der Salzkette (Salt Range) von Pandschab in Ostindien. Sie sind mit Gips und rotem Mergel vergesellschaftet und werden schon seit uralter Zeit abgebaut. In dem außerordentlich trockenen Wüstenklima der Salzkette erhalten sich einzelne derartige Lager als zu Tage anstehende Felsen; auf einem solchen Salz- und Gipsstock ist die Stadt Amb erbaut (s. Abbildung, S. 549). Aus dem Untersilur stammen die Solen der Umgebung von St. Petersburg; im Obersilur weist Nordamerika Salz auf, wo in Salina und Syracuse (Onondagadistrikt, New York) mächtige Solen, zu Goderich in Kanada Salzbänke von 14 bis 40 Fuß Dicke vorkommen. Die Devonformation enthält Salz in den baltischen Provinzen und in China, die Steinkohlenformation im Saginawdistrikt von Michigan und in England. Die Permformation liefert Salz in den russischen Gouvernements Perm und Jekaterinoslaw, in Deutschland zu Artern, Staßfurt, Heinrichshall, Welfisholz und an anderen Orten.

Digitized by Google

Unter den mesozoischen Formationen ist am salzreichsten die Trias, die in Deutschland in allen Unterstufen: im Buntsandstein (Schöningen, Liebenhalle, Hammersheim, Sulza, Salzungen), im Muschelkalk (Friedrichshall, Schwäbisch-Hall, Lüneburg) und im Keuper, Salz führt. Die bekannten alpinen Salzlagerstätten von Ischl, Hallein, Aussee, Berchtesgaden gehören der unteren Trias an. Die Salzlager von Frankreich (Salins) und Lothringen (Vic) befinden sich im Keuper, und die großen englischen Salzablagerungen der Grafschaften Nottingham, Derby, Stafford 2c. sind ebenfalls triadisch. Die Jura- und Kreideformation dagegen sind salzarm. Zur Kreide zählt man gewisse Salzvorkommnisse von Algerien und eine Reihe von Solquellen in Westfalen (Königsbau Neusalzwerk, Werl). Zahlreiche Salzlager kommen endlich den tertiären



Salz- und Gipsfelsen der Stadt Amb in der Salzkette, Ostindien. (Nach W. Waagen.) Vgl. Text, S. 548.

Formationen zu. Als Beispiel eines alttertiären Vorkommens diene der berühmte Salzberg von Cordona in Katalonien, der eine steile, etwa 95 m hoch aus Nummulitenschichten frei aufragende Salzmasse bildet und schon seit Jahrhunderten abgebaut wird. Noch salzreicher ist das jüngere Tertiär oder Miocän, dem berühmte Lager in Galizien, Ungarn, Siebenbürgen und Rumänien sowie gewisse Lagerstätten in Südrußland, in Persien und Sizilien angehören.

Der Ruf der karpathischen Salzlager rechtfertigt es, wenn wir uns etwas eingehender mit ihnen beschäftigen. Der Nordrand der Alpen und Karpathen wird von einem fast kontinuierlichen schmalen Bande von Miocänablagerungen, meist schieferigen und sandigen Thonen, begleitet, die sich bis weit nach Rumänien hinein verfolgen lassen. Von den Karpathen, die wie die Alpen zur Miocänzeit bereits ein gehobenes Gebirge darstellten, war auch der südliche Innenrand vom Miocänmeere bespült, und es bildeten sich auch da ausgedehnte Salzlager. Zwar im ober- und niederösterreichischen, mährischen und schlesischen Anteil der Miocänzone kam es nicht zu ausgedehnten Salzablagerungen; aber einzelne Solen und Jodquellen und zahlreiche Gipsvorkomm-

Digitized by Google

nisse deuten darauf hin, daß hier wenigstens ähnliche, die Dissociation des Meerwassers begünstigende Verhältnisse geherrscht haben wie weiter östlich in Galizien, in Siebenbürgen und im östlichen Ungarn, wo es eine Reihe großer Salzlager gibt.

Das bekannteste ist wohl das von Wieliczka bei Krakau, das sicher seit dem 11. Jahrhundert, wahrscheinlich schon früher, regelmäßig abgebaut worden ist. Unter einer wenig mächtigen Decke von Dammerde und Diluvialbildungen folgt der miocäne bläuliche, ungeschichtete Tegel, der schon bei 20 m Tiefe eine leichte Imprägnation mit Salz erkennen läßt. Mit zunehmender Tiefe wächst auch der Salzgehalt, und in dem mit Salzbrocken angereicherten Salzthone treten zahlreiche stockförmige, bald kubische, bald langgestreckte, grobkristallinische Salzkörper auf, die die verschiedensten Größen bis zu einem Inhalt von mehreren tausend Kubikmetern aufweisen und ihrer grünlichgrauen Färbung wegen den Namen Grünsalzkörper erhalten haben. Die darunter befindlichen Teile des Salzlagers unterscheiden sich von der oberen Region wesentlich durch die deutliche Schichtung, die sowohl an den Salzflözen als auch an den zwischenliegenden tauben Gesteinen beobachtet werden kann. Die Salzflöze verzweigen sich zuweilen oder keilen sich aus, um in einiger Entfernung von neuem anzusetzen. Sie sind durch taube Gesteine getrennt, die hauptsächlich aus Salzthon mit zahlreichen Platten und Bändern von Anhydrit, seltener Gips (vgl. Bd. I, S. 598), und aus Salzsandstein bestehen. Die Salzflöze sind in zwei Zonen angeordnet. Die obere enthält das Spiza-Salz[1], ein mittelkörniges, mit feinen Sandkörnern verunreinigtes Salz, das bis zu 20 m mächtige Flöze bildet, die untere das Szybiker (Schacht-) Salz, das sich durch hochgradige Reinheit auszeichnet, aber nur Flöze von 2—8 m Mächtigkeit bildet. Ihre Lagerung gleicht in großen Zügen fast zwei versteinerten, flachen Meereswellen, deren Rücken sich ausgedehnt und zipfelförmig zugespitzt haben. Das Liegende der Szybiker Flöze wird aus Anhydrit, Salzthon und Salzsandstein gebildet und wurde noch nicht durchfahren, da aus ihm wiederholt Süßwasser in so großer Menge ausgetreten ist, daß der Grubenbau dadurch gefährdet wurde. Kaum enthält ein zweites Salzlager so zahlreiche Versteinerungen wie das von Wieliczka, das dadurch schlagend seine Entstehung aus dem Meer erweist. Häufig sind wohl nur die mikroskopischen Schälchen von Foraminiferen; doch sind auch Mollusken, Krustaceen, Bryozoen und eine Einzelkoralle nachgewiesen worden. Nicht selten stößt man auf Reste von Landpflanzen, die von den benachbarten Küstengegenden eingeschwemmt worden sind.

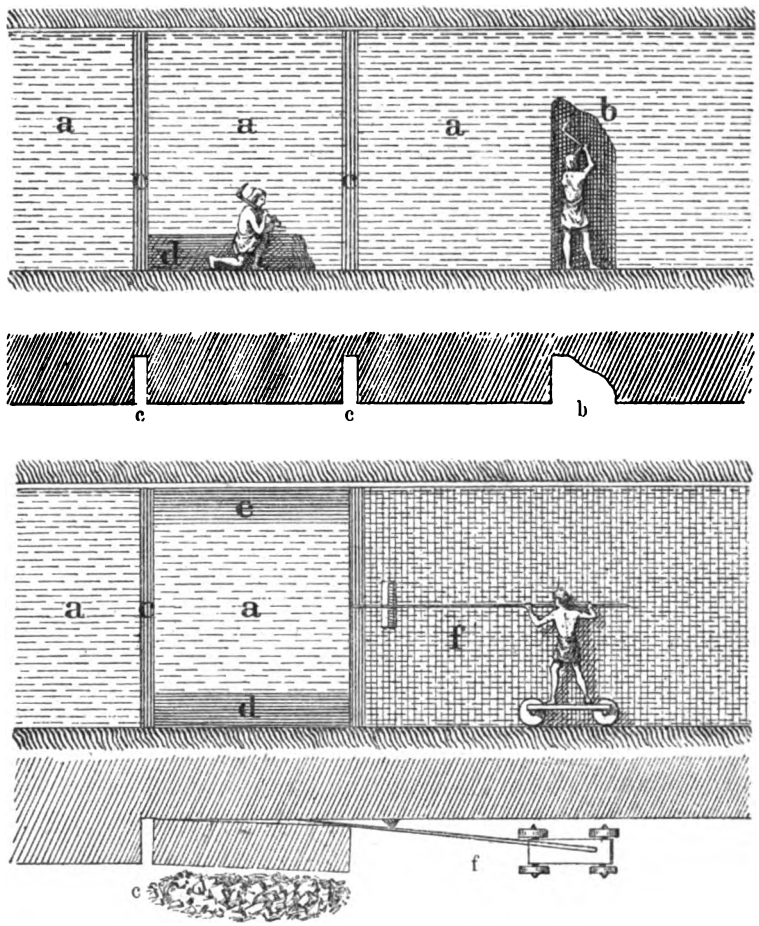
Die große Mächtigkeit der Salzkörper oder -Lager, die bedeutende Trockenheit und Festigkeit des Gebirges, die in der vollkristallinischen Ausbildung des Salzes ihren Grund hat, bedingen eigenartige, für den Salzbergbau bezeichnende Abbaumethoden. Die Salzkörper werden bis auf eine dünne, der Festigung wegen zurückgelassene Kruste nach allen Richtungen hin abgebaut, so daß dadurch riesige, in Wieliczka „Kammern" genannte Hohlräume entstehen. Da sich der alte Bergbau in Wieliczka zuerst den Grünsalzkörpern der oberen Region zugewendet hatte, so erscheint gegenwärtig deren größter Teil bereits abgebaut, und es legen nur noch die zahlreichen großen, bis zu 95 m hohen Kammern in den oberen Horizonten der Wieliczkaer Grube Zeugnis ab von dem ehemaligen Salzreichtum. Manche Kammern standen mehr als ein Jahrhundert in Betrieb, wie die Kammer Michalowice, aus der vom Jahre 1717—1861 Salz gefördert wurde. In den tieferen Horizonten nehmen die Kammern, angepaßt an die mehr flächenartige Entwickelung der Salzflöze, eine geänderte, niedrigere Form an. Der Abbau selbst geschieht durch die Ablösung großer Wandflächen, die durch Längs-, Firsten- und Sohlenschramme umgrenzt, durch seitlich eingetriebene eiserne Keile von der Unterlage teilweise abgelöst und endlich mit einer buchenen Stange gänzlich abgehoben werden (s. Abbildung, S. 551). Auf diese Weise werden nach allen

[1] Spiza, d. h. Zips, weil nach Wieliczka berufene Zipser Bergleute dieses Salz erschlossen haben.

Digitized by Google

Richtungen des Abbauraumes hin große Salztafeln gewonnen, die dann zerkleinert und in verschiedenen Formen in den Handel gebracht werden.

Interessant ist der Umstand, daß der Kammerbau, wie wir ihn in Wieliczka kennen gelernt haben, auch bei außereuropäischen Salzlagern in gleicher Weise angewendet wird. So wissen wir durch die ostindischen Geologen, daß sich die Hindu schon lange vor der Besitznahme des Landes durch die Europäer in den ausgedehnten Salzlagern der „Salt Range" des Kammerbaues bedienten und dabei innere Hohlräume erzeugten, die die vielfach bewunderten Kammern von Wieliczka an Großartigkeit übertreffen.



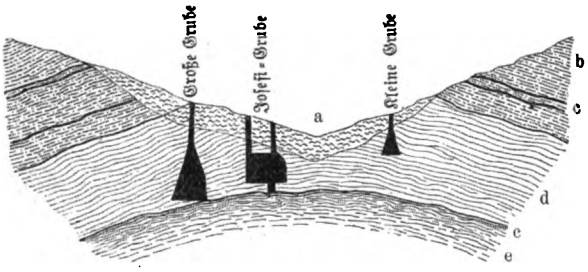
Abbauweise in Wieliczka: a) Salztafeln, b) der sogenannte Einhau, c) Längsschramm, d) Sohlenschramm, e) Firstschramm, f) Abhebestange. Vgl. Text, S. 550.

Wenden wir uns von Wieliczka nach Osten, so tritt uns im benachbarten Bochnia das nächste Salzvorkommen entgegen, wo mehrere Salzflöze im Gegensatz zu der verhältnismäßig flachen Lagerung von Wieliczka sehr steil nach Süden einfallen und eine viel geringere Mächtigkeit und Reinheit besitzen als dort. In Ostgalizien und in der Bukowina sind großartigere Salzlager selten; dagegen ist hier eine Unzahl (über 200) ergiebiger Solen über die ganze Miocänzone verstreut. Nur eins unter den ostgalizischen Salzlagern kann eine erhöhte Aufmerksamkeit beanspruchen, das von Kalusz, das neben Steinsalz mächtige Lagen und Linsen von Sylvin (Chlorkalium) und Kainit enthält. Die große Bedeutung dieser Salze sowohl für die Industrie als auch unsere theoretischen Anschauungen über die Entstehung der Salzlager wird bei der Besprechung des Staßfurter Lagers eingehender gewürdigt werden. In Kalusz haben diese Salze bisher noch nicht jene intensive Ausnutzung und Verarbeitung erfahren, deren sie fähig und würdig wären.

Auf der Südseite des Karpathenbogens nehmen in erster Linie die siebenbürgischen Salzlager durch ihre Geschichte, ihre Größe und ihr geologisches Verhalten die Aufmerksamkeit in

Digitized by Google

Anspruch. Ein förmlicher Ring von einzelnen Salinarvorkommnissen, der nur auf der Südseite erhebliche Unterbrechungen erleidet, umzieht den Innenrand des siebenbürgischen Beckens. Das Salz ist hier nicht, wie gewöhnlich, in flächenartig ausgebreiteten Lagern entwickelt, sondern in Form mächtiger, vielfach in sich zusammengeknickter kubischer „Stöcke" von riesiger Größe. Das hier untenstehend abgebildete Vorkommen von Deesackna macht hiervon eine Ausnahme, da es die ursprüngliche Lagerform noch deutlich erkennen läßt. Auch die Salzstöcke waren ursprünglich Lager und dürften erst infolge späterer Zersetzungen und Umlagerungen, die im Inneren der Salzmasse vor sich gingen und mit Volumvergrößerung verbunden waren, die Stockform angenommen haben. Mit dem Salze sind auch hier, wie allenthalben, Gips und Anhydrit verbunden. Als Begrenzung der Salzstöcke treten Salzthone auf, die hier häufig Trachyttuffe enthalten, von den vulkanischen Eruptionen her, die zur Miocänzeit in Siebenbürgen wie in Ungarn eine Rolle gespielt haben. Riesig, wie die Dimensionen der Salzstöcke, sind auch die glocken- oder pyramidenförmigen Abbauräume, die man im Inneren angelegt hat. Man baut von Tage aus einen engen Schacht in das feste Steinsalz und geht darin noch eine Strecke weit fort, um den künftigen Bau durch eine Steinsalzdecke vor Einsturz zu sichern. Abwärts wird nun der Raum nach allen Richtungen immer mehr erweitert, bis endlich kolossale kegel- oder pyramidenförmige Hallen entstehen (s. nebenstehende Abbildung), die nach außen nur durch den an der Spitze der Kammern befindlichen Schacht kommunizieren. Diese Hallen, in ihren Ausmaßen noch großartiger als die Kammern Wieliczkas, können eine Höhe von 150 m erhalten und dabei eine Grundfläche von 3000—4000 qm aufweisen. In neuerer Zeit legt man keine Glocken- oder Kegelbaue mehr an, sondern gibt den Abbauhallen eine zylindrische oder prismatische Form, um sofort eine größere Abbaufläche zu bekommen. Nicht selten vereinigt man zwei angrenzende Kammern zu einer einzigen. Die Art des Abbaues ist ähnlich wie in Wieliczka. Der Salzabbau wird gegenwärtig hauptsächlich in den Salinen Parajd, Deesackna, Thorda, Máros-Ujvár und Vizackna betrieben und zwar am lebhaftesten in Máros-Ujvár, wo jährlich an 700,000 Zentner gewonnen werden. Als den mächtigsten Salzstock betrachtet man den von Parajd, der eine Maximallänge von 2300 m, eine Maximalbreite von 1700 m und eine aufgeschlossene Tiefe von 180 m aufweist und mit nackten Salzfelsen zu Tage ausgeht. Ähnliche Verhältnisse wie die Salinen Siebenbürgens bieten auch die Salzlager Oberungarns, namentlich die im Komitat Marmaros gelegenen, dar.



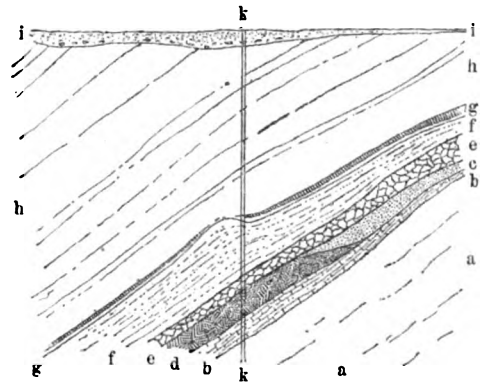
Salzlager von Deesackna, Siebenbürgen: a) plastischer Thon, b) Salzthon, c) Tuff, d) Salzmasse, e) Gips und Tuff. (Nach Posepny.)

Noch reicher und großartiger als die tertiären Salzlager der Karpathenländer sind die triadischen Salzvorkommnisse, mit denen Deutschland gesegnet ist. Die wichtigsten von ihnen wurden erst in neuerer Zeit durch zahlreiche Tiefbohrungen, besonders in der norddeutschen Ebene, nachgewiesen, da man sich früher meist mit der Erzeugung von Subsalz aus den vorhandenen Solen begnügte. In den mehr gebirgigen südlicheren Teilen Deutschlands boten zunächst einzelne Gipsvorkommnisse, die wir als stete Begleiter des Salzes kennen, sowie zahlreiche Solquellen die Veranlassung, um Tiefbohrungen auf Steinsalz zu versuchen, die denn auch thatsächlich an vielen Punkten von Erfolg begleitet waren: so im Muschelkalk bei Erfurt, Stotternheim, Buffleben, an der Grenze zwischen Buntsandstein und Zechstein in Staßfurt, Schönebeck und Egeln, im Zechstein bei Artern und Köstritz. Nach diesen Erfolgen wandte man sich der

Digitized by Google

norddeutschen Ebene zu, und auch da gelang es, großartige Ergebnisse zu erzielen. Bei Sperenberg, etwa 5 Meilen südlich von Berlin, erreichte man in einer Tiefe von 89 m das Steinsalz und hatte es bei 1273 m noch nicht durchbohrt, so daß das Salz hier eine Mächtigkeit von mehr als 1184 m besitzt. Die Bohrung mußte technischer Schwierigkeiten wegen eingestellt werden, ohne daß man das Liegende des Salzlagers erreicht hätte. Wenn man nun auch annimmt, daß vielleicht infolge geneigter Stellung des Lagers die wirkliche Mächtigkeit etwas geringer ist, so ist sie in jedem Falle doch so enorm, daß hierdurch alle bisher bekannten Salzlager in Schatten gestellt werden. Ähnliche Salzreichtümer erbohrte man auch an anderen Punkten, wie in Segeberg bei Lübeck, in Inowrazlaw im Posenschen, zu Lübtheen in Mecklenburg-Schwerin.

Von allen Salzlagern Deutschlands ist das von Staßfurt zur größten Berühmtheit gelangt. Es zeichnet sich sowohl durch seine Mächtigkeit und Ausdehnung als auch durch seine chemische Mannigfaltigkeit aus, die eine chemische Großindustrie rasch aufblühen ließ und in wissenschaftlicher Beziehung das größte Interesse hervorrief. In der Staßfurt-Egelnschen Mulde liegt zu unterst Steinsalz in geneigter Schichtstellung mit einer bekannten Minimalmächtigkeit von über 300 m (s. nebenstehende Abbildung). In seinen oberen Lagen weist das Steinsalz einen allmählich nach oben wachsenden Gehalt von Polyhalit auf, einer Salzverbindung, die aus 45,2 Prozent Calciumsulfat, 19,0 Prozent Magnesiumsulfat, 28,0 Prozent Kaliumsulfat besteht. Diese obere Zone des Staßfurter Salzlagers führt deshalb die Bezeichnung Polyhalitregion. Darüber folgt eine Zone, wo Bittersalze vorherrschen, die Kieseritregion; und den Beschluß bildet die Karnallitregion oder die sie örtlich vertretende Kainitregion.



Salzlager von Staßfurt: a) Steinsalz, b) Kieserit, c) Kainit, d) Karnallit, e) Salzthon, f) Anhydrit, g) fester Gips, h) roter Thon, Lettenschiefer, Sandstein, Rogenstein, i) Diluvium, kk) Schacht von der Heydt. (Nach Ochsenius.)

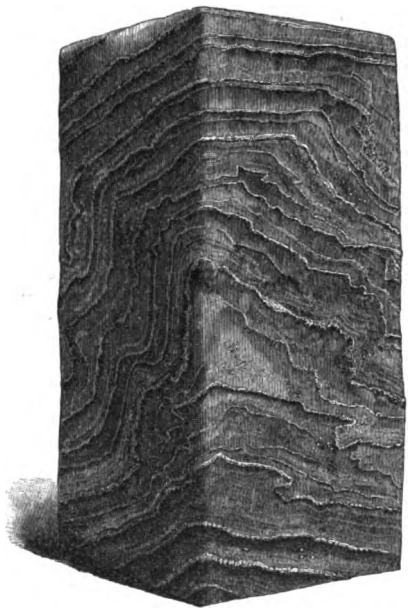
Die Minerale, die sich an der Zusammensetzung dieser obersten Zonen beteiligen, sind neben dem Chlornatrium hauptsächlich wasserhaltiges Bittersalz oder Kieserit ($MgSO_4.H_2O$), Karnallit ($KCl.MgCl_2.6H_2O$ mit 26,8 Chlorkalium, 34,2 Chlormagnesium und 39 Wasser) und Kainit ($KCl.MgSO_4.3H_2O$ mit 32,2 Schwefelsäure, 16,1 Magnesia, 15,7 Kalium, 14,3 Chlor und 21,7 Wasser). Die Kieseritregion besteht aus ungefähr 65 Prozent Kochsalz, 17 Prozent Kieserit und 13 Prozent Karnallit, während die Karnallitregion nur noch 25 Prozent Kochsalz, 16 Prozent Kieserit und 55 Prozent Karnallit, beziehentlich Kainit enthält. Über der Karnallit- oder Kainitregion breitet sich eine schmale Lage von Salzthon aus, gefolgt von einer mächtigen Entwickelung von Anhydrit. Die Decke des Salzlagers bilden gleichgelagerte Lettenschiefer, Sandsteine und Kalksteine der unteren Trias (Buntsandstein). Die chemische Zusammensetzung der mannigfaltigen Verbindungen, die die obersten Regionen des Staßfurter Salzlagers bilden, stimmt mit den Mutterlaugensalzen überein, die beim Verdampfen des Meerwassers nach vollzogenem Absatz der Kochsalzmasse zurückbleiben. Das reiche Salzlager von Staßfurt enthält also nicht nur Kochsalz, sondern auch die Salze der Mutterlauge, die nur schwer und unter besonderen Verhältnissen zum Fällen und Festwerden gebracht werden können und, wenn einmal gebildet, wegen ihrer hohen Lösbarkeit leicht neuen Zersetzungen und Auflösungen unterworfen sind. Meistens entbehren denn auch die Salzlager einer derartigen Decke von Bitter- und Kalisalzen. Hier aber hat uns die Natur einen Fall vorgeführt, in dem die Bildung von Steinsalzlagern

Digitized by Google

in voller Reinheit erfolgte und auch das Ergebnis der letzten Phase der Salzbildung in gesetzmäßiger Lagerung beobachtet werden kann.

Eine andere, wenn auch weit weniger wichtige Erscheinung ist in Staßfurt unter dem Namen der „Jahresringe" bekannt. Die Hauptmasse des Steinsalzes wird nämlich durch dünne Anhydritbänkchen in parallele Platten von 3—16 cm Dicke zerlegt (s. untenstehende Abbild.), was man wohl mit Recht mit periodischen Überflutungen in ursachlichen Zusammenhang bringt. Ob aber die zwischen je zwei Anhydritschnüren eingeschlossene Steinsalzpartie thatsächlich das Produkt eines einzigen Jahres bildet, wie dies der Name andeutet, läßt sich nicht sicher erweisen.

Für die Erhaltung der obersten Regionen des Salzlagers, die übrigens in Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen beim Verdampfen des Meerwassers nicht scharf voneinander geschieden sind, war es von Bedeutung, daß nach Absatz der Mutterlaugensalze eine abermalige Meeresbedeckung eintrat. Dadurch wurde eine Decke von Salzthon und Anhydrit gebildet, die die Mutterlaugensalze vor nachträglicher Auflösung geschützt hat. Nicht alle Punkte der 25 Quadratmeilen umfassenden Staßfurt-Egelnschen Mulde sind gleich stark mit Kalisalzen versehen; sie fehlen an einzelnen Stellen ganz oder sind mindestens nicht in bauwürdiger Menge vorhanden.



Ein Staßfurter Steinsalzblock, mit Gips- und Thonschichten, sogenannten „Jahresringen". (Nach Photographie.)

Den industriellen Wert der Mutterlaugensalze hatte man anfangs unterschätzt; man betrachtete sie lange Zeit als lästige Begleiter des gesuchten Steinsalzes und nannte sie nach ihrer Lage über dem Steinsalz „Abraumsalze". Bald aber, im Jahre 1861, blühte auf ihrer Grundlage mit jener Raschheit, die die großen industriellen Unternehmungen der Gegenwart auszeichnet, eine mächtige chemische Großindustrie auf, die Chlorkalium und alle Arten von Kalipräparaten für Gewerbe, Hauswirtschaft und Medizin sowie namentlich große Mengen von Kalidünger, ferner Magnesia- und Natronsulfat herstellt. Von dem hohen ökonomischen Werte der Abraumsalze gibt die Thatsache eine Vorstellung, daß der daraus erzielte Gewinn die gesamten Kosten des Staßfurter Salinarbetriebes deckt, so daß der für Steinsalz erzielte Preis zugleich den Reingewinn repräsentiert. Außer den angeführten Salzen und denen, die aus ihnen durch chemische Umlagerungen hervorgegangen sind, finden sich in den Lagern von Staßfurt noch zahlreiche andere Mineralstoffe. Von diesen sind jedoch nur Bor und Brom reichlich genug, eine Gewinnung zu ermöglichen.

Einen ganz anderen Typus stellen die altberühmten, schon in prähistorischer Zeit ausgebeuteten Salzlagerstätten im Salzkammergut und in den Bayrischen und Tiroler Alpen dar. Sie gehören der unteren Abteilung der Triasformation, den Werfener Schiefern, an und enthalten nur selten größere reinere Partien von Steinsalz. Meistens ist der Salzgehalt in einem Thone verteilt, der außerdem noch Gips, Anhydrit, Polyhalit, Kieserit und Blödit enthält und Haselgebirge genannt wird. Die auflösende Kraft des Wassers wird von der menschlichen Thätigkeit bei Gewinnung dieser Salze zu Hilfe gerufen. Im Inneren der Salinen werden Hohlräume, Wehren genannt, vorgerichtet und das Wasser hereingeführt. Hier löst es die Salze und nimmt sie auf. Das so gewonnene Wasser wird nun gradiert, d. h. es wird gezwungen, an Dornwänden

Digitized by Google

langsam herabzutropfen, wobei es durch die Einwirkung von Luft und Sonne zum großen Teile verdampft. Infolgedessen kann sich Kalk-Karbonat und -Sulfat nicht mehr in Lösung erhalten, sondern fällt als Dornstein auf den Dornreisern nieder. Die konzentrierte Sole wird nun in die Sudhütten geführt und auf großen Pfannen zu Sudsalz eingedampft.

Nächst der Gewinnung von Sudsalz aus Sole und der Gewinnung von Steinsalz kennt und benutzt der Mensch noch andere Methoden zur Herstellung von Kochsalz. Er scheidet es aus dem Meerwasser ab und erhält es aus abflußlosen Salzseen. Die Erzeugung von Seesalz ist auf der freiwilligen Verdunstung des Meerwassers begründet, die in besonders eingerichteten flachen Teichen, den Salzgärten, erfolgt. Seesalz wird daher zumeist nur in wärmeren Gegenden, wie in Südfrankreich, Spanien, Portugal, Italien, Istrien und Dalmatien, erzeugt; in kalten, küstennahen und steinsalzarmen Landstrichen bedient man sich wohl auch zur Erzeugung von Kochsalz des Seewassers, aber nur in untergeordnetem Maße. Man hilft sich dann durch künstliches Versieden des Meerwassers, das man aber vorher durch „Gradieren" oder Ausfrierenlassen des Wassers in Eisform konzentrierter gemacht hat, wie dies in Sibirien üblich ist.

Eine wichtige Rolle als Salzspender spielen die abflußlosen Salzseen der Steppenregionen. Wo die orographischen Verhältnisse den Abfluß der Gewässer in das Meer nicht gestatten, bilden sich an den tiefsten Stellen abflußlose Seen. In diese bringen die einmündenden Flüsse stets gewisse Mengen von verschiedenen Salzen, die sie in ihrem Flußgebiet gelöst hatten. Bei trockenem Steppenklima häufen sich diese Salze infolge der fortwährenden Verdunstung so sehr an, daß sie schließlich dem betreffenden See den Charakter eines Salzsees erteilen. Oft entstehen derartige Salzsteppen auf altem, gehobenem und seit längerer Zeit trocken stehendem Meeresboden, wie die Salzsteppen der aralo-kaspischen Niederung. Zuweilen sind die Quellen, denen die betreffenden Zuflüsse ihren Salzreichtum verdanken, direkt nachweisbar; z. B. weiß man, daß die Flüsse, die den berühmten Eltonsee, den Bogdo- und Inderskischen See in der kaspischen Niederung mit Salz bereichern, dieses zum größten Teile dem tertiären Salzgebirge Tschaptschatschi entnehmen. Der Salzgehalt der abflußlosen Seen ist sowohl nach Quantität und Qualität sehr verschieden, da er von der Beschaffenheit des jeweiligen Zuflußgebietes abhängt. Wohl am großartigsten zeigt sich die Erscheinung der abflußlosen Seen in Innerasien, im südeuropäischen Rußland und den Staaten Kalifornien, Utah und Nevada im Westen von Nordamerika; hier ist denn auch die Salzausbeute bedeutend. Rußland deckt einen großen Teil seines Salzkonsums durch das Steppensalz des Elton- und namentlich des Baskuntschakssees. Beide gehören der kaspischen Niederung an, wo man mehr als 2000 solcher Salzseen kennt. Am Boden des seichten Eltonsees setzen sich alljährlich während des Sommers Lagen von kristallisiertem Kochsalz ab, die von einzelnen Thon- und Schlammschichten getrennt werden. In Südrußland gewinnt man aus den Steppenseen reines kristallisiertes Steinsalz durch Ausbrechen der Salztafeln, während anderwärts der mit Salzen gesättigte Seeboden ausgelaugt, d. h. das Salz durch Verdunstung der Lauge erzeugt wird. So berichtet Freiherr v. Richthofen, daß die Chinesen in der Umgebung des großen Salzsumpfes Lutsun (Provinz Schansi) im ehemaligen, nunmehr trockenen Seeboden große Becken künstlich ausheben, die sich darin ansammelnde Lauge herausschöpfen und der Verdunstung unterziehen. Die Gesamtproduktion von Lutsun ist sehr bedeutend, da eine Bevölkerung, doppelt so zahlreich wie die von Deutschland, von Lutsun aus mit Salz versehen wird. Richthofen macht es wahrscheinlich, daß die beschriebene Methode der Salzgewinnung uralt ist und schon seit Jahrtausenden eine große Bevölkerung ihren Salzbedarf von Lutsun bezogen hat.

So sehen wir denn, daß die Natur dem Menschen reiche Quellen und vielfache Möglichkeiten geboten hat, um sich die wichtigste Würze der Nahrung, das unentbehrliche Salz, zu beschaffen Das reiche Vorkommen dieses Minerals ermöglicht, daß auch die Industrie ihren Nutzen daraus.

Digitized by Google

ziehen und die Landwirtschaft es in mannigfaltige Verwendung bringen kann. Wohl sind einzelne Länder hierin günstiger gestellt als andere; doch gibt es kaum ein größeres Gebiet, dem jedwede Quelle zur Salzerzeugung versagt wäre.

Man schätzt den jährlichen Salzbedarf durchschnittlich auf 6—7 kg für den Kopf; die verschiedenen Länder haben aber einen ungleichen Salzverbrauch. So entfallen in Spanien auf den Kopf 4,75, in Frankreich 5,2, in Italien 6,25, in Deutsch-Österreich 7,7, in Rußland 8,5, in England 12,5, in Nordamerika 15, in Portugal 15,25, in Deutschland nach einer älteren Schätzung 19,8, nach einer neueren Berechnung 13,1 kg. Über die Höhe der Salzproduktion in einigen der wichtigsten Kulturstaaten mögen folgende Ziffern Aufschluß geben:

England	1884:	2,332,704	Tonnen
Nordamerika	1884:	912,091	"
Rußland	1882:	834,177	"
Deutschland	1884:	804,337	"
Frankreich	1882:	380,000	"
Österreich	1884:	264,771	"

Manche Solquellen werden nicht zur Erzeugung von Kochsalz versotten, sondern dienen ihrer physiologischen Wirkungen wegen auch als Heilquellen. Diese Verwendungsart teilen sie mit einer Reihe anderer Quellen, die durch reichlichen Gehalt an verschiedenartigen Mineralstoffen ausgezeichnet sind und daher Mineralquellen genannt werden. Eine gewisse Menge von Mineralbestandteilen enthält jede aus der festen Erdkruste hervorsprudelnde Quelle; denn das in allen Teilen der Erdrinde auf Schichtflächen, in Spalten und Sprüngen zirkulierende Wasser hat ja während seiner unterirdischen Laufbahn reichlich Gelegenheit, Mineralstoffe aus den Gesteinen auszulaugen. Von Mineralquellen spricht man aber erst dann, wenn die Summe der Mineralbestandteile so sehr auffällt, daß sie sich durch den Geschmack und Geruch sofort verrät. Da nur gewisse Wasser als Mineralquellen zu Tage treten, die weitaus größte Menge aber zu den „süßen" Quellen gehört, muß die Entstehung von Mineralquellen an bestimmte, nicht allenthalben wiederkehrende Bedingungen geknüpft sein.

Die einfachsten Verhältnisse bieten die Solen, die Jodquellen, die Bitterwasser- und wohl auch einzelne Schwefelquellen dar. Diese Quellen enthalten zumeist Bestandteile, die von gewöhnlichem reinen Wasser leicht gelöst werden können. Wo demnach Wasseradern salz-, jod-, bittersalz- oder schwefelsalzführende Schichten oder Gesteine passieren, werden sie die betreffenden Stoffe in Lösung bringen und, wenn ihnen der geologische Bau des Bodens und die hydrostatischen Verhältnisse einen Austritt an die Oberfläche gestatten, als Mineralquellen der genannten Art hervorsprudeln. Derartige Quellen sind in ihrer topographischen Verteilung an das Streichen der Schichtglieder geknüpft, die ihnen die bezeichneten Mineralbestandteile liefern.

Um andere Mineralstoffe, namentlich Alkalien, zu lösen, reicht die Kraft des reinen Wassers nicht aus, steigert sich jedoch in genügendem Maße, wenn es Kohlensäure enthält. Je mehr Kohlensäure einer im Gebirge umgehenden Wasserströmung zur Verfügung steht, um so mehr wird sie im stande sein, sich mit Mineralstoffen zu bereichern. Kohlensäurehaltige Mineralquellen, die verschiedenen Arten von Säuerlingen werden daher an solchen Stellen zur Bildung gelangen, wo größere Mengen von Kohlensäure entbunden und vom Wasser aufgesaugt werden. Diese Bedingungen sind vornehmlich in vulkanischen Gegenden, in der Umgebung thätiger oder erloschener Vulkane gegeben. In allen vulkanischen Gebieten gibt es Stellen, wo stets Kohlensäure-Ausströmungen stattfinden. Nach jeder Eruption, wenn die vulkanische Thätigkeit wieder zur Ruhe gekommen zu sein scheint, machen sich als Nachzügler der vulkanischen Erscheinungen Exhalationen von Schwefeldämpfen und Kohlensäure geltend, die Solfataren und Mofetten. In vulkanischen

Digitized by Google

Gebieten, wo die eruptive Thätigkeit augenblicklich erloschen ist, erscheinen Solfataren und Mofetten als die letzten Äußerungen der in größerer Tiefe schlummernden Kräfte. Noch ein zweites Moment ist für die Entstehung von Mineralquellen in vulkanischen Distrikten günstig: das Vorhandensein tief gehender Spalten, die den Austritt der umkreisenden Wasser an die Oberfläche begünstigen. Kommt eine unterirdische Wasserströmung mit einer Mofette in Berührung, so wird sie mit Kohlensäure gesättigt und dadurch befähigt, auf ihrem Wege nach oben reichlich Mineralbestandteile aus den Spaltwänden zu lösen, deren chemische Zusammensetzung von der Beschaffenheit der Gesteine abhängt, in denen die Quellspalte liegt.

Fast nie tritt an einem bestimmten Orte nur eine Mineralquelle auf. Stets ist eine Reihe oder Gruppe von Quellen vorhanden, da das Wasser verschiedene Teile einer Spalte oder eines Spaltensystems zum Ausfluß benutzt. Hemmt man den Quellenausfluß an einer bestimmten Stelle, so wird dadurch die Menge ausfließenden Wassers in der Nachbarschaft größer. Oft findet die Teilung der Quellen erst in den obersten alluvialen Lagen statt. Man bemerkt in der That, daß die Säuerlinge in ihrem Vorkommen geradezu an die vulkanischen Gegenden gebunden sind: so die Quellen auf dem Zentralplateau von Frankreich, in Oberungarn und Siebenbürgen, in dem großen Gürtel vulkanischer Durchbrüche, der sich durch ganz Mitteldeutschland, die Eifel, den Taunus, Westerwald, Vogelsberg bis nach Nordböhmen und den Sudetenländern hinzieht. Trifft eine Wasserströmung mit einer Solfatare zusammen, so ist die Bedingung für die Entstehung gewisser Schwefelquellen gegeben.

Vulkanische Gegenden zeichnen sich ferner auch durch das Vorhandensein heißer Quellen aus. Allgemein bekannt sind die heißen Springquellen auf Island, Neuseeland, im nordamerikanischen Nationalpark (s. die Tafel bei S. 543). Aber auch der erwähnte mitteldeutsche vulkanische Gürtel ist von einer Reihe von heißen Quellen begleitet, wie die in Aachen-Burtscheid mit 62° R., Schlangenbad 23°, Ems 44°, Wiesbaden 51°, Soden 19—22°, Nauheim 24°, Karlsbad 59°, Teplitz 21—38°, Warmbrunn 28°, Landeck 23° R. Da in vulkanischen Gegenden Spalten vorhanden sind, die in jene Tiefen hinabreichen, wo die Erdwärme bereits die Siedetemperatur besitzt, und noch tiefer, so können Wasser unter hohem Druck in diese Tiefen hinab gelangen und in heißem Zustand als Thermen wieder auftauchen. Häufig zeigen indessen die heißen Quellen keine lokalen Beziehungen zu vulkanischen Gebieten. Sie liegen, wie die von Gastein (30—38° R.) oder Bormio (31° R.), in kristallinischen Gesteinen oder treten aus geschichtetem Gebirge hervor, wie die von Baden bei Wien. Dann verdanken sie ihr Vorhandensein besonders tief gehenden Spalten und Brüchen, die das feste Gesteinsgerüst der Erde infolge der mit der Gebirgsbildung zusammenhängenden Massenbewegung erhalten hat. Manchmal zeigt eine Reihe von Quellen die Richtung der Thermenspalte an, wie die Thermenlinie von Baden bei Wien. Thermen können eine sehr verschiedenartige Mineralführung besitzen; nur selten gehören sie zu den indifferenten Wassern, ohne namhafte mineralische Beimengung. Ein gewisser Zusammenhang zwischen der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung ist zuweilen unverkennbar. Schwefelwasser und salinische Quellen können ebensogut mit niederer wie mit hoher Temperatur vorkommen. Dagegen sind die besonders kalkreichen oder kieselsäurereichen Quellen stets Thermen; denn nur heißes Wasser kann eine so große Menge der betreffenden Mineralbestandteile in Lösung erhalten, die abgeschieden werden, sobald die Temperatur beim Ausfließen der Thermen sinkt und die gebundene Kohlensäure frei wird. Als Beispiele heißer Kieselquellen seien die Quellen auf Island, Neuseeland, am Yellowstone-Flusse genannt, als Beispiele von kalkreichen Thermen: Karlsbad, Pisa, Lucca, Leuk, Vignone. Säuerlinge sind meist relative Thermen, d. h. sie übertreffen die durchschnittliche Jahrestemperatur der Luft, wo sie austreten, um eine gewisse, gewöhnlich nicht große Anzahl von Wärmegraden. Eisen- und Bitterwasser erscheinen meist als kalte Quellen.

Digitized by Google

Unter den Mineralstoffen der Heilquellen unterscheidet man zunächst flüchtige, gasförmige und gelöste fixe Bestandteile. Unter den flüchtigen sind in erster Linie Kohlensäure bei den Säuerlingen und Schwefelwasserstoff bei Schwefelwassern hervorzuheben; Sauerstoff und Stickstoff spielen nur eine ganz untergeordnete Rolle. Die fixen Bestandteile sind: Salzbilder (Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel), Säuren (Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure), Basen (Natron, Kali, Kalk, Magnesia, Thonerde, Eisenoxydul) und organische Substanzen (Quellsäure, Quellsatzsäure, Humin). Minimal kommt noch eine große Anzahl von Stoffen vor, die oft nur durch genaue Untersuchungen nachzuweisen sind, wie Lithion, Selen, Cäsium, Rubidium, Strontium, Barium, Kupfer, Arsen, Zinn, Zink, Antimon, Mangan, Borsäure. Diese Stoffe treten zu Verbindungen zusammen, unter denen die Karbonate, Sulfate und Chloride die verbreitetsten sind.

Nach der chemischen Zusammensetzung teilt man die Mineralquellen in eine Reihe von Gruppen, deren umfangreichste die alkalischen Wasser bilden. Hierher zählt man alle Quellen, die sich vorwiegend durch einen Gehalt an Natriumkarbonat und Kohlensäure auszeichnen. Sie sind farb- und geruchlos, und ihr Geschmack ist prickelnd bei vorherrschender Kohlensäure, laugenhaft durch kohlensaures Natron, tintenartig durch viel kohlensaures Eisenoxydul. Die alkalischen Quellen sind fast immer relative Thermen, Quellen mit konstanter Temperatur, können aber auch die Natur von Thermen im gewöhnlichen Sinne annehmen. Sie zerfallen in mehrere Untergruppen. Die einfachen Säuerlinge sind an fixen Bestandteilen arm und gleichzeitig reich an Kohlensäure. Alkalische Säuerlinge nennt man solche, die bei einem großen Reichtum an Kohlensäure auch viel fixe Bestandteile, darunter namentlich kohlensaures Natron, enthalten, wie Gießhübl, Bilin, Fachingen, die Therme Vichy 2c. Die Eisensäuerlinge führen ihren Namen von dem hohen Eisengehalt, der sie nebst der Kohlensäure und dem kohlensauren Natron auszeichnet. Als Beispiele seien aufgeführt: Recoaro, Reinerz, Altwasser, Bartfeld, Krynica 2c. Enthalten alkalische Quellen nebst kohlensaurem Natron und Kohlensäure noch namhafte Mengen von Kochsalz, wie die Quellen von Selters, die Konstantinquelle in Gleichenberg, die Therme von Ems, so bezeichnet man sie als alkalisch-muriatische Quellen. Und weisen sie nebst kohlensaurem Natron eine erhebliche Menge von Glaubersalz, Natronsulfat, auf, so bilden sie die alkalisch-salinischen Quellen, als deren hervorragendste Repräsentanten Marienbad, Franzensbad, Rohitsch, Elster, Rippoldsau und die Therme von Karlsbad genannt werden können.

Die zweite Gruppe besteht aus den Kochsalzwassern. Beträgt ihr spezifisches Gewicht mehr als 1,05, so werden sie schon zur Kochsalzgewinnung verwendet und Solen genannt. Die Hauptbestandteile sind nebst dem Kochsalz Chlormagnesium, Chlorcalcium und Natronsulfat. Man unterscheidet natürliche Solen, wie die von Halle, Kösen, Wieliczka, Drohobycz 2c., und künstlich erbohrte, wie die von Rehme, Artern, Nauheim, Ischl, Reichenhall 2c. Bei geringerem Salzgehalt spricht man von einfachen Kochsalzquellen, wie Homburg, Kissingen, Wiesbaden, Baden-Baden, Soden, Kannstatt, der künstlich erbohrte Solsprudel von Kissingen 2c. Eine bemerkenswerte Abteilung der salinischen Wasser bilden die jod- und bromhaltigen Kochsalzquellen, die ausgezeichnet sind durch starken Gehalt an Jod und Brom, zwei Stoffen, die im Meerwasser und namentlich in Meerpflanzen aufgespeichert sind, und deren Zusammenvorkommen mit Steinsalz daher leicht erklärlich ist: wie Hall in Oberösterreich, Roy-Darkau in Österreichisch-Schlesien, Ivonicz in Galizien, Castrocaro in Toscana, Heilbronn, Kreuznach, Zaizon in Siebenbürgen und die Therme Lippik in Slawonien.

Die dritte Hauptgruppe sind die Bitterwasser, die durch einen hohen Gehalt an schwefelsaurem Natron und schwefelsaurer Magnesia gekennzeichnet werden und einen unangenehmen bittersalzigen Geschmack besitzen. Die Wasser von Püllna, Saidschitz, Sedlitz in Böhmen, Gran, Ofen in Ungarn, Epsom in England sind die bekanntesten dieser Klasse von Mineralwassern.

Digitized by Google

Als vierte Gruppe reihen sich die Schwefelwasser an, die freien Schwefelwasserstoff und eine Schwefelverbindung, meist Schwefelnatrium oder Schwefelcalcium, als normalen Bestandteil in Lösung enthalten; außerdem führen sie häufig schwefelsauren Kalk (Baden bei Wien, Eilsen) oder Kochsalz (Aachen, Mehadia). Sie sind bald kalte Quellen, wie Eilsen, Weilbach, Neundorf 2c., bald heiße, wie Aachen, Burtscheid, Baden bei Wien, die ungarischen Quellen Harkany, Pistyan, Trentschin-Teplitz, Krapina, Mehadia und die Pyrenäenquellen Barèges, Eaux-Bonnes und manche andere.

Als Eisenwasser bezeichnet man jene Quellen, die mindestens 1/2 Gran Eisen im Pfunde enthalten und durch hohen Eisengehalt bei geringer Menge anderer fixer Bestandteile ausgezeichnet sind. Alexisbad, Ratzes in Tirol, Parad, Pyrmont, Spaa, Schwalbach, die ungarischen Thermen Szliacs (18—25° R.) und Vichnye (32° R.) mögen als Beispiele dienen. Eine weitere kleine Gruppe bilden die erdigen Mineralquellen mit einem vorwaltenden Gehalt an schwefelsaurem oder kohlensaurem Kalk. Hierher gehören die Thermen Lucca, Bath, Aix, Leuk, die kalten Quellen Lippspringe, Rehburg 2c. Die letzte Gruppe endlich sind die indifferenten Thermen, bei denen die Summe der fixen Bestandteile 5 Gran im Pfunde nicht übersteigt. Sie haben, mit unseren jetzigen wissenschaftlichen Hilfsmitteln untersucht, keine anderen Eigenschaften als gewöhnliches erhitztes Wasser und erweisen doch ausgezeichnete Heilwirkungen. Als Beispiele sind unter anderen anzuführen: Gastein, Tüffer, Neuhaus, Pfäfers, Wildbad, Schlangenbad und Teplitz-Schönau.

---

11. Die brennbaren Minerale.

Inhalt: Die Kohle. Historisches. Entstehung der Kohlenlager. Chemische Zusammensetzung, mikroskopische Beschaffenheit. Torf, Braunkohle, Steinkohle. Anthracit. Mineralische Begleiter. Kohlenlager. Vulkanische Durchbrüche. Kohlen im Silur und Devon. Kohlen der Steinkohlenformation. Kohlen in den jüngeren paläozoischen und den mesozoischen Formationen. Braunkohlen der Tertiärzeit. Englands Produktion. Statistik. — Die Kohlenwasserstoffe. Historisches. Petroleum. Asphalt. Ozokerit. Entstehung und Destillation des Erdöls. Produktion.

Keine andere Gruppe von nutzbaren Mineralen, mit Ausnahme des Eisens, spielt gegenwärtig eine so hervorragende Rolle wie die fossilen Brennstoffe. Kohlen und Kohlenwasserstoffe liefern uns Licht und Wärme, und diese sind nächst der Nahrung die wichtigsten Lebensbedingungen des Menschen. Frei werdende Wärme vermögen wir mittels der Dampfmaschinen und anderer Motoren unmittelbar, zu jeder Zeit und an jedem Orte in lebendige Kraft umzusetzen, erhalten hiermit die Grundlage jeglicher größerer gewerblicher Thätigkeit und sehen die Grundbedingung für den Weltverkehr, für den Massentransport von Menschen und Waren erfüllt. Fast alle modernen Industriezweige, denen wir tausenderlei Annehmlichkeiten und Erleichterungen der Lebensführung verdanken, hängen mehr oder minder von der Kohle ab. Hauptsächlich aber haben die Steinkohlen unmittelbaren Einfluß auf die Verarbeitung des Eisens. Bei der großen Bedeutung, die demnach der Kohle und den übrigen fossilen Brennstoffen im Haushalte der Menschheit zukommt, bedarf es wohl keiner Rechtfertigung, wenn der Besprechung gerade dieser Mineralstoffe hier ein etwas größerer Raum zugestanden worden ist.

Ein so auffallender Mineralkörper wie die Kohle konnte sich der Aufmerksamkeit der Menschen nicht lange entziehen. Aus einzelnen Stellen der auf uns gekommenen Schriften von Aristoteles und Theophrast geht hervor, daß die Mineralkohle, und zwar wahrscheinlich als Braunkohle, schon im klassischen Altertum bekannt war. In Britannien, dem steinkohlenreichsten

Digitized by Google

Gebiete, das die Römer in den Bereich ihrer Weltherrschaft einbezogen hatten, schreibt man gewisse, durch besondere Regelmäßigkeit ausgezeichnete Kohlenbergwerke bei Ligan in Lancashire römischer Thätigkeit zu. In demselben Lande haben aber auch archäologische Funde erwiesen, daß hier schon in prähistorischer Zeit Kohlenbergbau betrieben wurde. So fand man Feuersteingeräte im Ausstreichen der Kohlenflöze von Monmouthshire sowie Steinhämmer und Feuersteinkeile in uralten Bauen des Kohlenfeldes von Leicestershire. Noch mehrere andere Funde gewähren für eine sehr frühe Ausbeutung und Benutzung der Kohle durch den prähistorischen Menschen volle Gewißheit. Wie in vorrömischer und römischer Zeit, war Britannien auch im Mittelalter in Bezug auf die Kohlengewinnung den anderen Ländern Europas voran. Man bediente sich der Kohle sowohl für den Hausgebrauch als auch namentlich für die Schmiedewerkstätten. Wenn man die Steinkohle auch zeitweilig des übeln Geruches wegen und aus Furcht vor schädlicher „Verpestung der Luft" zu verdrängen suchte, so nahm ihr Gebrauch doch immer mehr überhand und übte in England schon frühzeitig auf die Entwickelung der Industrie einen günstigen Einfluß aus. Der kohlenärmere Kontinent hat bis jetzt noch keine Anhaltspunkte für prähistorische Kohlengewinnung geliefert; doch liegen zahlreiche Angaben über die Verwendung der Mineralkohle aus dem Mittelalter vor. Am frühesten erscheint das Zwickauer Kohlenrevier durch die slawischen Sorben aufgeschlossen worden zu sein, während das belgische und westfälische Kohlenfeld etwas später (im 11. und 14. Jahrhundert) bekannt wurde. Den wahren volkswirtschaftlichen Wert der Kohle hat man allerdings erst im Beginne dieses Jahrhunderts erkannt, als man die Dampfmaschine würdigen lernte, und seither ist der Kohlenverbrauch in allen Kulturländern im fortwährenden Steigen begriffen.

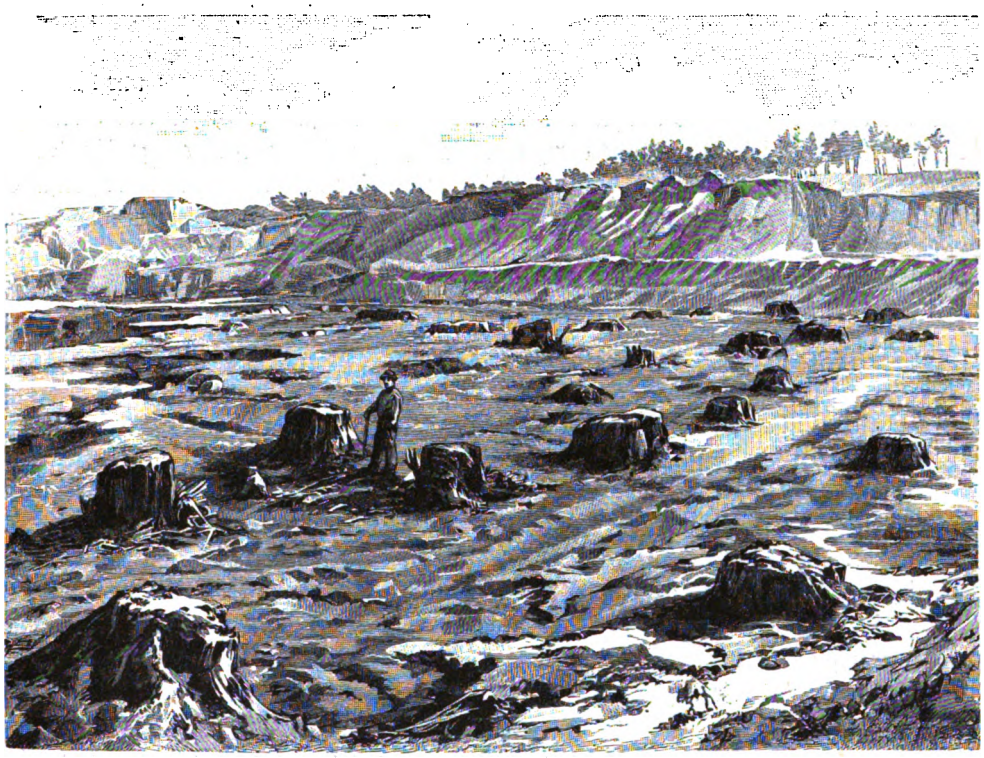
Viel älter als in Europa ist aller Wahrscheinlichkeit nach der Kohlenbergbau in China, dem uralten Kulturlande des Ostens. Als Marco Polo im 13. Jahrhundert China bereiste, fand er in diesem an Kohlen so überreichen und dabei holzarmen Lande die Mineralkohle allenthalben in ausgedehntem Gebrauche, so daß es bei dem hohen Alter der Kultur der Chinesen, der bedeutenden Größe und Zahl ihrer volkreichen Städte wahrscheinlich ist, daß dieses Volk den Wert der Steinkohle schon früh erkannt hatte, viel früher als die europäischen Völker.

Über die Entstehung der Steinkohle huldigte man früher zum Teil den abenteuerlichsten Anschauungen. Manche brachten die Kohlen mit den vulkanischen Erscheinungen, andere mit vorausgesetzten Emanationen von Erdöl und Bitumen in Zusammenhang. Und doch hat Scheuchzer schon im Anfang des vorigen Jahrhunderts richtig erkannt, daß zwischen den die Kohlenflöze so häufig begleitenden Pflanzenresten und der Kohle selbst eine ursachliche Verbindung bestehen müsse. Beroldingen erklärte 1778 die Steinkohle vollends für ein Umwandlungsprodukt von Braunkohle und Torf und sprach damit jene Anschauung aus, die die Wissenschaft von heute im wesentlichen als richtig erkannt hat. Während so einerseits der Scharfblick einzelner Forscher schon frühzeitig das Richtige halb geahnt, halb erkannt hat, fehlt es anderseits bis in die neuere Zeit nicht an zeitweilig auftauchenden Stimmen, die abweichenden Anschauungen das Wort reden. Da die Entstehung der Kohle auf S. 146—149 erörtert worden ist, erübrigt hier nur eine Zusammenfassung der früheren Auseinandersetzungen.

Die Kohlen müssen ihrer Entstehung nach auf ehemaliges Pflanzenmaterial zurückgeführt werden, wofür namentlich die mikroskopischen Untersuchungen der jüngsten Zeit die letzten entscheidenden Beweise beigebracht haben. Marine Pflanzen, Seetange, können die Kohlenbildung nicht veranlaßt haben, sondern Landpflanzen. In manchen Fällen mögen zusammengeschwemmte Holzmengen und Bruchstücke von Pflanzen zur Bildung von Kohle geführt haben. Dies wird, wie Ochsenius betont hat, namentlich dort eingetreten sein, wo durch das Vorhandensein einer Barre im Wasserlauf eine Sonderung des mechanischen Sediments vom vegetabilen ermöglicht

Digitized by Google

war. Im allgemeinen werden aber diese Bildungsbedingungen nur selten eintreffen und auch dann nur zur Entstehung kleinerer Lager führen; die größte Anzahl und namentlich die weit ausgedehnten, regelmäßigen Kohlenflözbildungen sind ausschließlich einem an Ort und Stelle erstandenen, vieljährigen Pflanzenwuchse zuzuschreiben. Die oft viele Meilen weite Verbreitung der Kohlenflöze, ihre oftmaligen Wiederholungen, ihr stetes Wechsellagern mit Thonen, Schiefern, Sandsteinen und Konglomeraten lehrt, daß die Kohlenbildung in flachen, weit ausgedehnten Inlandsbecken vor sich gegangen ist, die zeitweilig mit einer reichen Sumpfvegetation nach Art der Torfmoore, der nordamerikanischen Swamps oder der tropischen Mangrovesümpfe versehen waren,



Fossile Baumstämme auf der Decke des Kohlenflözes von Grube „Marie II", Senftenberg in der Lausitz. (Nach Photographie.) Vgl. Text, S. 562.

zu anderen Zeiten aber Inlandseen gebildet haben, in die einmündende Flüsse Sand, Schlamm und Gerölle zuführten. Die Sumpfvegetation lieferte im Verlaufe vieler Pflanzengenerationen das Material für die Kohlenflözbildung, während das von den Flüssen herbeigebrachte mechanische Sediment die Sandsteine, Thone, Schiefer und Konglomerate bildete, die die einzelnen Flöze voneinander trennen. Der Umstand, daß in manchen Gegenden über hundert einzelne Flöze bekannt sind, zwingt uns zu der Annahme, daß in diesen Inlandsbecken ein häufiger Wechsel der Verhältnisse stattfand. Daß die Braunkohlen der Tertiärzeit und des Diluviums aus ehemaligen Torfmooren und Sumpfwäldern hervorgegangen sind, ergibt sich aus der Beschaffenheit der Vegetation der Braunkohle, ihrer Lagerung und der Art ihres Vorkommens. Von der Braunkohle zur echten Steinkohle der älteren geologischen Formationen und dem Anthracit führt aber eine solche Kette von Übergängen, daß man notgedrungen für alle ausgedehnteren Kohlenflözbildungen eine übereinstimmende Entstehung in der angedeuteten Weise annehmen

Digitized by Google

muß. Könnte an der Richtigkeit dieser Anschauung noch ein Zweifel bestehen, so würde er durch das häufige Vorkommen aufrechter fossiler Baumstämme, namentlich aber durch Aufschlüsse, wie sie die Tagbaue auf Braunkohle in der Görlitzer Gegend erkennen lassen, beseitigt werden (s. Abbildung, S. 561). Sowohl an der Decke wie an der Sohle der Braunkohle werden hier durch den Bergbau zahlreiche Baumstümpfe der Sumpfcypresse (Taxodium distichum miocaenicum) bloßgelegt, derselben Pflanze, die auch in den nordamerikanischen Swamps die Hauptrolle spielt. Somit ist der handgreifliche Beweis geliefert, daß hier die Braunkohle durch eine Sumpfvegetation nach Art der Swamps entstanden ist.

Auch in chemischer Hinsicht findet ein vollkommener und allmählicher Übergang in der Zusammensetzung von der frischen Pflanzenfaser bis zum Anthracit statt. So wie die lebenden Pflanzen, bestehen auch alle Mineralkohlen aus den Grundstoffen: Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O) und Stickstoff (N), und in geringer Menge auch aus Schwefel; nur die Quantitäten der einzelnen Elemente weichen ab. Die Mineralkohlen sind durch stärkeres Vorwiegen des Kohlenstoffes bei schwächerer Vertretung von Wasserstoff und Sauerstoff ausgezeichnet, während die Pflanzenfaser einen relativ größeren Reichtum an diesen beiden Elementen aufweist. Es läßt sich dabei eine gesetzmäßige Zunahme des Kohlenstoffes von der Holzfaser zum Torfe, zur Braunkohle, Steinkohle und dem Anthracit verfolgen bei gleichzeitiger Abnahme von Sauerstoff und Wasserstoff, wie dies aus den Durchschnittszahlen der folgenden Tabelle deutlich erhellt:

	(C)	(H)	(O)	(N)
Holzfaser	50	6	43	1
Torf (rezent und diluvial)	59	6	43	2
Braunkohle (diluvial und tertiär)	69	5,5	25	0,8
Steinkohle (mesozoisch und paläozoisch)	82	5	13	0,8
Anthracit (paläozoisch)	95	2,5	2,5	Spur.

Demnach besteht der Verkohlungsprozeß im wesentlichen in einer stetigen Bereicherung mit Kohlenstoff, die durch den gleichzeitigen Abgang von Sauerstoff und Wasserstoff hervorgebracht wird. Im allgemeinen wächst die Verkohlung mit zunehmendem geologischen Alter, obwohl diese Regel keineswegs ausnahmslos ist. Als Schlußergebnis der Verkohlung hat man wohl den im archäischen Gebirge vorkommenden Graphit zu betrachten, der des Sauerstoffes und Wasserstoffes vollkommen verlustig gegangen ist und nur noch aus reinem Kohlenstoff besteht.

Wir wissen, daß die abgestorbenen Pflanzenkörper unter der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes einer Zersetzung unterworfen sind, die zur Bildung von Wasser und verschiedenen Kohlenwasserstoffverbindungen und schließlich zur vollkommenen Vermoderung des Pflanzenkörpers führt. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Zersetzung der Pflanzenstoffe durch den Sauerstoff der Luft wohl eingeleitet wird, jedoch noch rechtzeitig ein teilweiser oder völliger Abschluß der vegetabilen Masse von der Luft stattfindet, wie dies bei dem Verkohlungsprozeß der Fall ist. Die einmal angeregte Bewegung und Umlagerung der Atome wird wohl fortgesetzt werden; aber nur die Bestandteile der Pflanzenstoffe werden sich untereinander verbinden können, indem ein Teil des Sauerstoffes mit Kohlenstoff zu Kohlensäure, ein anderer mit Wasserstoff zu Wasser zusammentritt, während ein Teil des Wasserstoffes mit Kohlenstoff verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen bildet. Diese neuentstandenen Verbindungen werden zu entweichen suchen, während der Kohlenstoff unter Zurückbleiben einer geringeren Menge von Sauerstoff und Wasserstoff eine verhältnismäßig fortschreitende Bereicherung erfahren muß. Der Zersetzungsprozeß schreitet im allgemeinen nur langsam vorwärts. Trotz des hohen Alters so vieler Kohlenablagerungen geht er auch heute noch von statten, wie dies die gasförmigen Kohlenwasserstoffverbindungen (meist H_2C; Sumpfgas, schlagende Wetter) und die Kohlensäure (Schwaden) beweisen, die so häufig zum Unglück des Bergmannes aus den Kohlenflözen ausströmen.

Digitized by Google

So einfach und klar sich der Verkohlungsvorgang in seinen Grundzügen darstellt, so erheben sich doch bedeutende Schwierigkeiten, wenn man es versucht, in den verwickelten Chemismus der Verkohlung noch näher einzugehen oder die Natur der chemischen Verbindung festzustellen, die uns in der Kohle vorliegt. Hierin scheint nur so viel festzustehen, daß in den Steinkohlen freier Kohlenstoff nicht vorhanden ist, sondern dieser seiner ganzen Menge nach an gewisse Quantitäten von Sauerstoff und Wasserstoff gebunden ist. Jede Kohle stellt nach Baltzer eine Verbindung von Kohlenstoff mit Wasser- und Sauerstoff oder noch wahrscheinlicher ein Gemenge von verwandten derartigen Verbindungen dar. Suchte man einerseits auf chemischem Wege die wahre Natur der Kohle zu ergründen, so nahm man anderseits zu diesem Zwecke das Mikroskop zu Hilfe, mittels dessen namentlich v. Gümbel bewies, daß in der Steinkohle der organische Zellenbau der ihr zu Grunde liegenden Pflanzen durch und durch erkennbar erhalten ist.

Man nimmt vielfach an, daß hoher Druck und die dadurch hervorgerufene höhere Temperatur einen beschleunigenden Einfluß auf die Kohlenbildung auszuüben vermag, wie dies Laboratoriumsversuche im kleinen erweisen. So können auch in der Natur Verwerfungen und Störungen des Gebirgsbaues und der bei der Faltung der Gebirge ausgeübte Druck die Verkohlung begünstigen und die mehrfachen Zerreißungen der Flöze durch Zutritt des Sauerstoffes eine raschere Zersetzung herbeiführen. In der That gibt es hierfür schöne Beispiele. So sind die Kohlen des gefalteten Alleghanygebirges in Pennsylvanien durchweg in Anthracit verwandelt, während die horizontal liegenden gleichalterigen Flöze westlich davon aus gewöhnlicher bituminöser Steinkohle bestehen. Ebenso sind die Flöze der Kohlenformation in den stark gefalteten Alpen in anthracitische Kohle umgewandelt, während anderseits die Kohle aus horizontal liegender Formation von Zentralrußland eine braunkohlenartige Beschaffenheit zeigt. Gümbel dagegen hebt hervor, daß die Pflanzensubstanz der Kohlen und Anthracite nach der mikroskopischen Beschaffenheit der Zellen keine beträchtlich höhere Pressung erlitten haben konnte, als etwa die sein mag, die die tieferen Lagen eines Torfmoores durch die darauf lastende Torfmasse auszuhalten haben. Auch weist er darauf hin, daß man zuweilen Anthracitflöze zwischen gewöhnlichen Kohlenflözen vorfindet, und daß oft in den am stärksten gestörten und zerrissenen Flözteilen keine anthracitischen Abänderungen zum Vorschein kommen.

Der Torf, das jüngste und am wenigsten veränderte Glied der Kohlenreihe, bildet ein dichtes Gemenge abgestorbener, teilweise zersetzter Sumpfpflanzen. Wo sich nur immer stagnierendes Wasser in größeren, tief gelegenen Mulden ansammeln kann, da entsteht bei genügender Feuchtigkeit der Luft bald eine Sumpfvegetation, die allmählich abstirbt und neuen Generationen Raum gibt, die ihrerseits wieder mit ihren Leichen die früheren Reste decken. So bildet sich eine bald mehr, bald minder mächtige Lage vegetabilen Torfes, dessen Beschaffenheit von der Dauer der Zersetzung, hauptsächlich aber von der Natur der ihn zusammensetzenden Pflanzen abhängt. Vornehmlich setzen Sphagnum-Arten den Moostorf zusammen, während der Heidetorf zumeist aus Erica tetralix und Calluna vulgaris gebildet wird. Nach Art des Vorkommens, der Zusammensetzung und der technischen Verwertung hat man zahlreiche Abarten von Torf unterschieden. In chemischer Beziehung zeichnet sich der Torf vor der Pflanzenfaser durch höheren Kohlenstoffgehalt aus, während die Sauerstoff- und Wasserstoffmenge dieselbe ist. Der Aschengehalt ist höher als bei der Pflanzenfaser, wahrscheinlich infolge mechanischer Beimengung erdiger Bestandteile. Die räumliche Ausdehnung mancher Torfmoore ist so beträchtlich, daß sie den Vergleich mit vielen Kohlenfeldern gut besteht. Das große Torfmoor, das sich zwischen der ostfriesischen Geest und den Marschen am Dollart ausdehnt, hat eine Oberfläche von 50—60 Quadratmeilen, und einen noch größeren Raum nehmen die Moore Irlands ein. Die Mächtigkeit der Torfbildungen ist verschieden: sie schwankt, soviel bekannt, zwischen 1 und 12 m. Nicht selten läßt der

Digitized by Google

Torf eine Art Schichtung oder einen lagenweisen Wechsel verschiedener Torfmassen erkennen. An vielen Stellen dauert die Torfbildung seit der Diluvialzeit bis in die Gegenwart fort; oft kann der Torf der gegenwärtigen Periode von dem der Diluvialzeit räumlich nur zur Not geschieden werden. Den vollkommenen Übergang vom Torfe zur echten tertiären Braunkohle bildet nach Gümbel die Schieferkohle, die im Diluvium der Nordalpen vorkommt. In einer teils lockeren, torfähnlichen, teils dichten Hauptmasse liegen zahlreiche Ast- und Stammstücke von Koniferen, Birken und Weiden, die bereits die Beschaffenheit tertiärer Lignite (holzige Braunkohle) aufweisen, während sich die Hauptmasse noch in torfähnlichem Ausbildungszustand befindet. Von der diluvialen Schieferkohle zur echten tertiären Braunkohle ist demnach nur noch ein Schritt.

Die Braunkohle hat eine licht- bis dunkelbraune Farbe und einen matten Glanz. Sie ist bald dicht, bald schieferig, holzartig oder erdig und läßt die Pflanzentextur häufig schon mit freiem Auge erkennen. Die Braunkohle besitzt in der Regel einen braunen Strich, liefert bei der trockenen Destillation stets freie oder an Ammoniak gebundene Essigsäure und bräunt Ätzkalilösung beim Erwärmen, während die Steinkohle einen schwarzen Strich hat, bei der trockenen Destillation nur freies Ammoniak abgibt und Ätzkali nicht braun färbt. Diese unterscheidenden Eigenschaften gelten aber nur für die Hauptmassen der Braun- und Steinkohlen und haben keineswegs durchschlagende Bedeutung. Der Gehalt verschiedener Braunkohlen an Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und den Aschenbestandteilen bewegt sich innerhalb gewisser Grenzen, für die sich aus einer größeren Anzahl von Einzelanalysen folgende Zahlen ergeben:

Kohlenstoff 50—77 Proz., durchschn. 63 Proz.	Sauerstoff 26—37 Proz., durchschn. 32 Proz.
Wasserstoff 3—5 „	Stickstoff 0—2 „

Wie in der chemischen Zusammensetzung, so weisen die Braunkohlen auch in Bezug auf die Struktur und die Gesamtbeschaffenheit mancherlei Verschiedenheiten auf, die zur Aufstellung von „Arten" und „Varietäten" geführt haben. Die holzige Braunkohle oder Lignit bildet derbe Massen mit noch deutlicher Holztextur, in der zuweilen die einzelnen Stämme und Äste noch unterscheidbar sind. Die gewöhnliche und typische Braunkohle ist derb, mehr oder weniger fest und dicht und zeigt einen flachmuscheligen oder unebenen Bruch. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß an der Zusammensetzung der typischen Braunkohle Gräser und Moose einen hervorragenden Anteil nehmen. Die Glanz- oder Pechkohle (Salonkohle) bildet eine schwarze, pechartig glänzende Kohle, die nach Gümbel wesentlich aus Holzteilen besteht. Unter Wachskohle oder Pyropissit versteht man die gelblichweiße, zur Paraffin- und Photogenschwelerei benutzte Braunkohle, und unter Papierkohle oder Dysodil eine lockere, in papierdünne Lagen abgesonderte Braunkohle, die mit ihrem hohen Aschengehalt zur Gasbereitung geeignet ist. Endlich sei noch die Moorkohle erwähnt, die sich von der typischen Braunkohle durch höheren Aschengehalt, matteren oder mangelnden Glanz, erdigen Bruch und geringeren Brennwert unterscheidet.

Wie der Übergang vom Torfe zur Braunkohle vermittelt wird, ebensowenig scharfe Unterschiede sind zwischen Braunkohle und Steinkohle vorhanden. Gewisse alttertiäre Braunkohlen nähern sich den jüngeren mesozoischen Steinkohlen so sehr, daß es unmöglich ist, scharfe Grenzen zu ziehen. Die Zusammensetzung der echten Steinkohle ist im Durchschnitt nach Abzug der Aschenbestandteile folgende:

70—95 Prozent Kohlenstoff	4—20 Prozent Sauerstoff
3—7 „ Wasserstoff	1—25 „ Stickstoff

Auch die Steinkohlen lassen unter sich mancherlei Verschiedenheiten der Textur und der physikalisch-chemischen Beschaffenheit erkennen. Das Verhalten der Steinkohlen beim Verbrennen in mehr oder weniger abgeschlossenen Räumen und die davon abhängige Verwendung zu verschiedenen technischen Zwecken ergab schon frühzeitig die von Karsten aufgestellte Einteilung in

Digitized by Google

Sand-, Sinter- und Backkohlen. Die Backkohlen haben die Eigentümlichkeit, beim Erhitzen im geschlossenen Raume zu erweichen, zu schmelzen und einen mehr oder weniger aufgeblähten, porösen Koks zu liefern, während sich die Sinterkohlen dabei nur wenig erweichen, nicht merklich aufblähen, fest zusammensintern und einen dichteren Koks abgeben. Die Sandkohlen dagegen zerfallen bei demselben Prozeß und geben pulverigen, mageren Koks.

Nach der Art der Flamme bei der gewöhnlichen Verbrennung unterscheidet man kurzflammige und langflammige Kohlen. Die Backkohlen sind stets langflammig, während im allgemeinen die Sand- und Sinterkohlen bald kurz-, bald langflammig sein können. In der Praxis ist ferner auch die Unterscheidung von Gas- und Flammkohlen einerseits und Koks- und Schmiedekohlen anderseits von Bedeutung. Zu jenen gehören Kohlen, die infolge eines hohen Wasserstoffgehaltes leicht in Brand geraten, viel flüchtige Bestandteile abgeben und mit leuchtender, lange anhaltender, rußender Flamme verbrennen, während diese schwieriger in Brand zu bringen sind, eine minder leuchtende, kürzere Flamme und weniger flüchtige Bestandteile liefern. Auf welche Umstände aber das eben beschriebene verschiedenartige technische Verhalten in Schmelzbarkeit, Flammen- und Koksbildung der Kohlen zurückzuführen ist, ist gegenwärtig nur noch zum geringsten Teile richtig erkannt. Die wechselnde chemische Zusammensetzung spielt hierin gewiß eine bedeutende Rolle. Da man aber die Wahrnehmung gemacht hat, daß sich zuweilen ganz ähnlich zusammengesetzte Kohlen in technischer Hinsicht doch recht abweichend verhalten, kann ihre chemische Natur nicht die einzige Quelle dieser Erscheinungen sein.

Ebenso große Verschiedenheiten wie in technischer Hinsicht ergeben die Kohlen auch, wenn man sie nur vom rein physikalisch-chemischen Standpunkt einer nähern Prüfung und Vergleichung unterzieht. Man pflegt in dieser Hinsicht Glanz-, Matt-, Kannel-, Boghead-, Faserkohle und Brandschiefer zu unterscheiden. Die Hauptmasse der Steinkohlen wird durch die beiden ersten Kohlenarten gebildet. Die Glanzkohle führt ihren Namen nach dem lebhaften Glasglanze, der sie, verbunden mit tiefschwarzer Färbung, auszeichnet; sie besitzt ferner eine große Sprödigkeit und eine vorzügliche Spaltbarkeit. In technischer Hinsicht kann sich die Glanzkohle bald wie Back-, bald wie Sinter- und Sandkohle verhalten. Meist ist sie ärmer an Aschenbestandteilen als andere Kohlen und gibt eine gute Koksausbeute. Die Mattkohle glänzt nur wenig, ist sehr fest, läßt keine deutliche Spaltbarkeit erkennen und verhält sich stets wie Sinterkohle. Während die Glanzkohle den alleinigen Bestandteil eines Kohlenflözes bilden kann, kommt die Mattkohle niemals allein vor, sondern erscheint stets in Gesellschaft mit Glanzkohle, indem sie in einem und demselben Kohlenflöz lagenweise mit der Glanzkohle wechselt (Streifkohle). Der Mattkohle steht nahe die Kannelkohle, die sich durch ebenflächigen oder flachmuscheligen Bruch, grau- bis samtschwarze Färbung, Politurfähigkeit und große Festigkeit auszeichnet. Vermöge ihres hohen Wasserstoffgehaltes ist sie leicht entzündlich und brennt, einmal angezündet, mit lebhafter Flamme fort (daher der Name Cannel [candle] coal). An die Kannelkohle läßt sich ferner die Bogheadkohle (Torbanit, Candelit) anschließen, eine braun gefärbte, kohlige Substanz mit gelblichem Strich, die über 60 Prozent flüchtige Bestandteile und einen hohen Aschengehalt aufweist (20—30 Prozent) und daher von den Engländern nicht mehr als eigentliche Kohle anerkannt wird. Sie schließt sich jedoch geologisch so eng an die Kohlen an, daß eine Abtrennung dieses Brennstoffes von der Kohle unnatürlich wäre. Mit der Bogheadkohle ist eine Reihe von Kohlensorten verwandt, die bei reichlicher Aschenführung durch hohen Gehalt an flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen ausgezeichnet und daher namentlich zur Bereitung von Leuchtgas geeignet sind: die böhmische Plattel- oder Brettelkohle, der Tasmanit von Vandiemensland, die Murajewnakohle Zentralrußlands. Unter Faserkohle endlich begreift man eine samtschwarze, abfärbende, seidenglänzende Kohle, die bald nur in dünnen Lagen, bald

Digitized by Google

in kleinen, scharf begrenzten Fetzen und Butzen in Kohlenflözen eingeschlossen ist. Als letzte Erscheinungsform wäre endlich noch der Brand- oder Kohlenschiefer zu erwähnen, der eigentlich nur ein mit kohligen Substanzen hochgradig imprägnierter Thonschiefer ist.

Eine noch weiter vorgeschrittene Etappe des Verkohlungsprozesses haben wir im Anthracit zu erblicken, der in seiner typischen Form eine dichte, eisenschwarze, metallartig glänzende Kohle bildet, die nach Abzug der Aschensubstanz 88—98 Prozent Kohlenstoff, 1,8—4,8 Prozent Wasserstoff, 0—7 Prozent Sauerstoff sowie Spuren von Stickstoff enthält. Der bedeutende Kohlenstoffgehalt verleiht dem Anthracit einen großen Brenn- und Heizwert, dagegen ist er infolge des sehr niederen Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen zur Vergasung nicht tauglich und gestattet auch die Verkokung nicht. Wie zwischen Braunkohle und Steinkohle, so bestehen auch zwischen dieser und dem Anthracit keine scharfen Grenzen.

Außer den im vorhergehenden besprochenen Kohlensorten beteiligen sich an der Zusammensetzung der Kohlenflöze auch noch einige andere Minerale, die zwar der Masse nach keine Rolle spielen, aber auf die Beschaffenheit der Kohle doch zuweilen von einigem Einfluß sind und in genetischer Beziehung mit der Kohlenbildung zum Teile in engem Verbande stehen. Dies gilt namentlich von den Erdharzen, wie Dopplerit, Bernstein, Retinit 2c., und den Erdwachsen, wie Hartit, Hatchettin, Ozokerit 2c., deren Zusammenvorkommen mit Kohle bei der chemischen Verwandtschaft nicht überraschen kann. In Ausnahmefällen erscheint auch Petroleum als Begleiter von Kohlenflözen, wie dies im Kohlenrevier von Shropshire beobachtet worden ist.

Wichtiger als diese Minerale, die doch stets nur in äußerst geringen Mengen vorkommen, sind die metallischen Begleiter der Kohlenflöze, wie das Eisenkarbonat und der Schwefelkies. Jenes tritt bald mit Thon gemengt in Form von thonigem Sphärosiderit auf und bildet dann kuchenförmige Konkretionen, die den die Kohle begleitenden Schieferthonen eingelagert sind; bald aber erscheint es als Kohleneisenstein (blackband) in innigem Gemenge mit der Kohle selbst und begleitet diese in regelmäßigen, oft weit ausgedehnten Flözen. So kommt es, daß in manchen Kohlenfeldern (in England, im Kohlenrevier an der Ruhr in Deutschland, im Liaskohlengebiet von Fünfkirchen und Steierdorf in Ungarn) aus denselben Schächten jene beiden Rohstoffe gefördert werden, die die Industrie der Gegenwart beherrschen: die Kohle und das Eisen. In vielen anderen Kohlengebieten fehlen wohl Eisenerze ebenfalls nicht, sind aber nicht in bauwürdiger Menge vorhanden. Noch häufiger, aber keineswegs erwünscht ist der zweite metallische Begleiter der Kohle, der Eisen- oder Schwefelkies (FeS_2, Doppeltschwefeleisen). Seine goldgelbe Färbung und sein lebhafter metallischer Glanz verraten ihn leicht auf der schwarzen Kohle, die er als Anflug überzieht oder in Konkretionen durchwächst. Beim Verbrennen schwefelkiesführender Kohlen entstehen gasförmige Schwefelverbindungen, die nicht nur übel riechen, sondern auch die Feuerungen und namentlich die Kupfer- und Messingbestandteile der Maschinen angreifen. Durch Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffes zerfällt der Schwefelkies leicht in Eisenvitriol und Schwefelsäure. Durch diese Neubildung, die mit Volumvergrößerung verbunden ist und in der Natur häufig eintritt, wird die Kohle einerseits zersprengt und zertrümmert, anderseits chemisch verändert und so in doppelter Hinsicht verschlechtert.

Die Gleichartigkeit der Entstehung der Kohlenfelder bedingt es, daß alle Kohlengebiete, welches geologische Alter sie auch immer besitzen mögen, in Bezug auf den Bau und die Ausdehnung der Kohlenflöze und die Beschaffenheit der begleitenden Gesteine vielfache gemeinsame Grundzüge aufweisen. Im einzelnen treten allerdings mannigfaltige Modifikationen ein, die von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen abhängen. An der Zusammensetzung der Kohlenfelder beteiligen sich neben der Kohle und ihren Begleitmineralen stets dunkle Schiefer und schieferige Thone mit Pflanzenresten, die in der Regel die Kohlenflöze selbst im Hangenden und Liegenden

Digitized by Google

umgeben. Namentlich an der Basis der Flöze findet sich fast stets eine thonig-schieferige Schicht, die oft noch die Wurzelstöcke der kohlenliefernden Pflanzen in ursprünglicher, natürlicher Lage enthält. In den Zwischenräumen der Flöze stellt sich in wechselnder Mächtigkeit ein feinkörniger, seltener konglomeratartiger, meist versteinerungsfreier Sandstein ein, der mit dem Schiefer die Hauptmasse der kohlenführenden Gebirge bildet. Nur ausnahmsweise treten auch Kalksteine mit marinen Versteinerungen in die Zusammensetzung ein, wie in England, Belgien und Oberschlesien. Das sind dem Meere genäherte, „paralische" Gebiete, wo zeitweilig infolge geringer Schwankungen der Niveauverhältnisse zwischen Festland und Meer kleine Transgressionen stattfanden und daher eine zeitweilige Bildung mariner Kalke oder eine Einschwemmung mariner Organismen möglich war. Andere Kohlenablagerungen, die dem Einwirkungskreise des Meeres gänzlich entrückt waren, die „limnischen", lassen keine Spur mariner Gebilde erkennen.

Die Ausdehnung der Kohlenfelder und einzelnen Flöze wie auch deren Zahl, die Gesamtmächtigkeit der kohlenführenden Schichtenkomplexe, unterliegt natürlich großen Schwankungen. Man kann im allgemeinen sagen, daß die Kohlenreviere der Karbonperiode viel ausgedehnter sind und zahlreichere Flöze enthalten als die der jüngeren Formationen, namentlich die der Tertiärzeit. Dagegen werden die karbonischen Steinkohlenflöze von den tertiären Braunkohlenlagern an Mächtigkeit weitaus übertroffen. Während jene meist nur 1—5 m, selten 10—15 m mächtig sind, gehören bei diesen Mächtigkeiten von 15—25 m zu den gewöhnlichen Erscheinungen, und zuweilen findet selbst ein Anschwellen der Flöze bis zu 40 und sogar 50 m statt. Umgekehrt verhält es sich mit der Zahl der Flöze. Während in Braunkohlenrevieren oft nur ein oder einige wenige Flöze vorhanden sind, ist in Steinkohlengebieten eine häufige, selbst 100—130malige Wiederholung der Flözbildung die Regel.

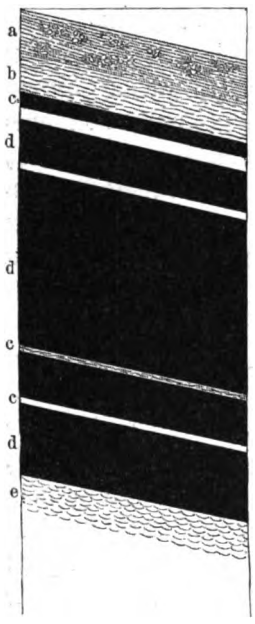
Der Reichtum in den kohlenführenden Schichtfolgen ist an keinerlei Regelmäßigkeit gebunden. In einem Schichtenverband gruppieren sich oft zahlreiche Kohlenflöze zu „Flözzügen", in denen die Kohlenflöze nur durch schmale Lagerungen tauben Gesteines voneinander getrennt sind. Andere Schichtgruppen dagegen enthalten nur einzelne oder gar keine abbauwürdigen Kohlenlager und werden „Zwischenmittel" genannt. Eine derartige Anordnung der Flöze zu Flözzügen kennt man in tertiären Braunkohlengebieten nicht, eine natürliche Folge ihrer weniger beträchtlichen vertikalen und horizontalen Entwickelung. Für die Gesamtmächtigkeit der kohlenführenden Schichten in den karbonischen Steinkohlenfeldern sind durch den Bergbau riesige Zahlen ermittelt worden. So hat man für die produktive Kohlenformation an der Saar die Gesamtmächtigkeit von 5200 m, für das Gebiet von Südwales gar die von 7000 m und ähnlich hohe Zahlen in allen anderen Steinkohlenfeldern festgestellt.

Ebenso großartig sind die Ausmaße der Steinkohlenfelder und -Flöze der Karbonperiode in der horizontalen Richtung. Gewisse Steinkohlenflöze Westfalens bedecken einen Flächenraum von 8—10 Quadratmeilen; in England hat man einzelne Flözgruppen über einen Raum von 25—30 Quadratmeilen verfolgt. Noch erstaunlicher sind die Dimensionen in Nordamerika, wo z. B. das Pittsburger Flöz Pennsylvaniens nach Lyell eine Fläche von 690 Quadratmeilen Inhalt einnimmt. Die Ausdehnung der Braunkohlenreviere ist dagegen meist viel geringer. Sie beträgt zuweilen nur wenige Quadratmeilen; und es kann vorkommen, daß die Braunkohlenlager selbst zu rein örtlichen, unbedeutenden Vorkommnissen herabsinken.

Bei ungestörter Lagerung geben die Kohlenflöze im allgemeinen das Bild einer Reihe von parallelen Platten ab, die oft auf weite Strecken in gleicher vertikaler Entfernung verlaufen und dann in zwei verschiedenen Schächten leicht miteinander identifiziert werden können, auch wenn das zwischenliegende Gebiet nicht näher bekannt ist. Häufiger tritt aber der Fall ein, daß sich die Flöze im Streichen durch Zunahme oder Abnahme der Dicke der tauben Zwischenlagen bald

Digitized by Google

voneinander entfernen, bald sich gegenseitig nähern, so daß dann eine Identifizierung mit Schwierigkeiten verbunden ist. Bei großer Mächtigkeit eines Flözes beobachtet man nicht selten die Einschaltung einer oder mehrerer dünnen, meist nur wenige Zentimeter mächtigen Lagen tauben Gesteines, die das Flöz in zwei oder mehrere Teile scheiden (s. die untenstehende Abbildung). Durch deren lokales mächtigeres Anschwellen kann zuweilen selbst eine Teilung des ursprünglich einheitlichen Flözes in zwei oder mehrere Flöze erfolgen, deren Zusammenhang erst durch genaue Verfolgung der Flözbildung in der Grube festgestellt werden kann. Ein schönes Beispiel bietet hierfür das Kohlenfeld von Südstaffordshire in England dar, wo sich das 30 Fuß mächtige Thick-coal- oder Tenyard-Flöz in neun bestimmte Flöze zerteilt, die zwar zusammengenommen die Gesamtmächtigkeit von 30 Fuß ergeben, aber durch 420 Fuß taube Zwischenmittel getrennt sind. In solchen Fällen kann manchmal in einer gewissen Entfernung von der Teilungsstelle eine abermalige Vereinigung, ein Zusammenfließen der getrennten Flözteile erfolgen; in anderen Fällen aber nehmen die tauben Zwischenlagen im Verlaufe des Streichens auf Kosten der Kohle bis zu deren völliger Verdrängung immer mehr überhand, und es tritt eine sogenannte Vertaubung oder Zerschlagung des Flözes ein. Manchmal erfolgt das Ausgehen der Kohlenflöze einfach dadurch, daß sie immer schwächer und schwächer werden und endlich ganz verschwinden, sich „auskeilen".



Durchschnitt des Kohlenflözes im Lagerschachte bei Kladno: a) Sandstein mit Konglomerat, b) glimmeriger Schieferthon mit Pflanzenabdrücken, c) Schieferthon, d) Kohle, e) Kieselschiefer.

Wenn die Bildung eines Kohlenflözes nahe dem Grundgebirge erfolgt ist, so erscheint es in seinem Verlaufe von der ursprünglich unebenen Unterlage abhängig, wie dies ein Durchschnitt aus dem Kohlenrevier von Kladno in Böhmen deutlich erkennen läßt (s. die Abbildung, S. 569, oben). Hier schmiegt sich das Kohlenflöz allen Unebenheiten der Basis an und hat überdies noch nachträglich einige kleine Verwerfungen erlitten. Das Profil gibt außerdem ein Beispiel für jenen seltenen Fall, wo in einem Kohlenrevier der Karbonformation nur ein einziges Hauptflöz von bedeutender Mächtigkeit (12 m) zur Entwickelung gelangt ist; neben ihm verläuft ein Hangendflöz, das nur 1/2—1 m stark ist, aber in den oben dargestellten Durchschnitt nicht hineinfällt.

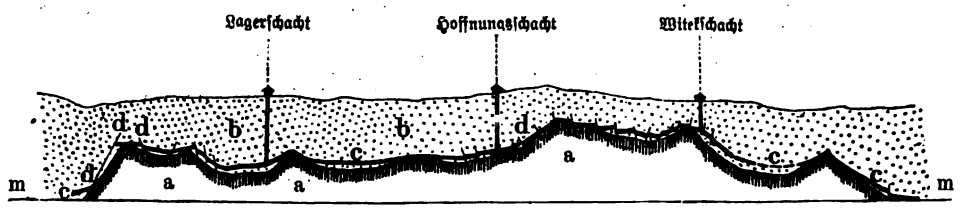
Interessante Veränderungen haben die Kohlenfelder unter der Einwirkung der Gebirgsbildung erlitten. Durch den Massendruck erscheinen die Flöze bald schlangenförmig gewunden, bald zerzogen, zerrissen oder förmlich ausgewalzt, bald sind sie zu unförmlichen, mächtigen, gerundeten Klumpen zusammengeballt (s. Abbildung, S. 569, unten). In diesem Falle kommt es zur Bildung abnorm mächtiger Kohlenstöcke: das Hauptflöz des Reviers von Le Creuzot weist Mächtigkeiten bis zu 60 m auf. So starke Unregelmäßigkeiten und Entstellungen, wie die kleineren Kohlenreviere in Südfrankreich aufzuweisen haben, sind, man darf wohl im Interesse der Kohlengewinnung sagen: glücklicherweise selten. Dagegen kommt es öfter zur Bildung regelmäßig gefalteter und geknickter Kohlenflöze (s. Abbildung, S. 570). Verwerfungen fehlen selbst in dem ruhigst gelagerten Kohlenfelde wohl niemals ganz.

Weiteren wichtigen Veränderungen waren die Kohlenfelder durch die Wirksamkeit der Denudation ausgesetzt. Als Festlandsbildungen gelangten die meisten von ihnen nach Abschluß ihres Bildungsvorganges nicht unter den Meeresspiegel, sondern blieben Festländer und waren als solche der Abwaschung durch die Atmosphärile oder benachbarter Meere zugänglich. Was

Digitized by Google

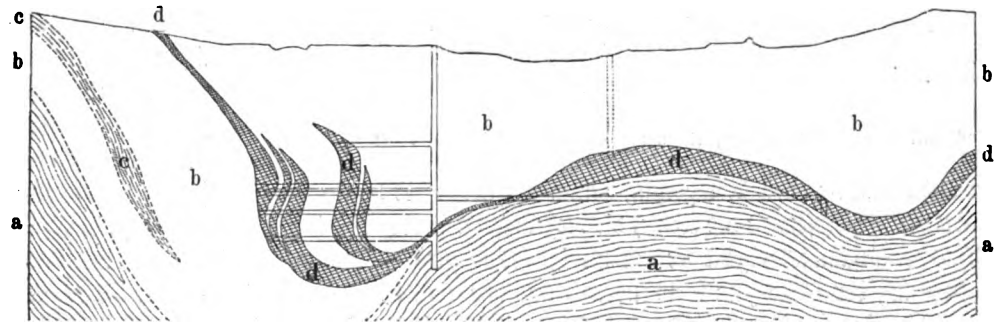
uns also heute in Form einzelner getrennter Kohlenfelder vorliegt, ist oft nur der kärgliche Überrest einer ehemals viel ausgedehnteren, zusammenhängenden Kohlenbildung.

Veränderungen geringfügigerer Art entstehen durch die freiwillige Selbstentzündung der Flöze und den Durchbruch vulkanischer Gesteine. Jene kann nur an den zu Tage ausgehenden, zersetzten Partien der Kohlenflöze eintreten. Sie bewirkt eine Verkokung des brennenden Flözes, Zerklüftung der benachbarten Gesteine und Niederschlag von verschiedenen Sublimationsprodukten, namentlich Alaun, Schwefel und Salmiak. Einmal angefacht, aus Gründen, die übrigens noch nicht hinreichend aufgeklärt sind, kann der Brand viele Jahre, selbst jahrhundertelang fortdauern, wie der Erdbrand von Planitz im Zwickauer Gebiete, der mindestens aus dem



Durchschnitt durch das Kohlenrevier von Kladno in Böhmen: a) Grundgebirge, b) Steinkohlenformation, c) Kohlenflöz, d) Verwerfungsklüfte, m m) Meeresniveau. Vgl. Text, S. 568 und 573.

Anfang des 16. Jahrhunderts und wahrscheinlich noch aus älterer Zeit datiert. Vulkanische Durchbruchgesteine wirken ebenfalls verkokend auf die durchsetzte Kohle und verursachen säulenförmige Absonderung der verkokten Partien der Flöze.



Profil über den östlichen Teil des Kohlenbeckens von Le Creuzot: a) Grauwacke, b) kohlenführende Schichten, c) Thon, d) Steinkohle. (Nach Burat.) Vgl. Text, S. 568 und 573.

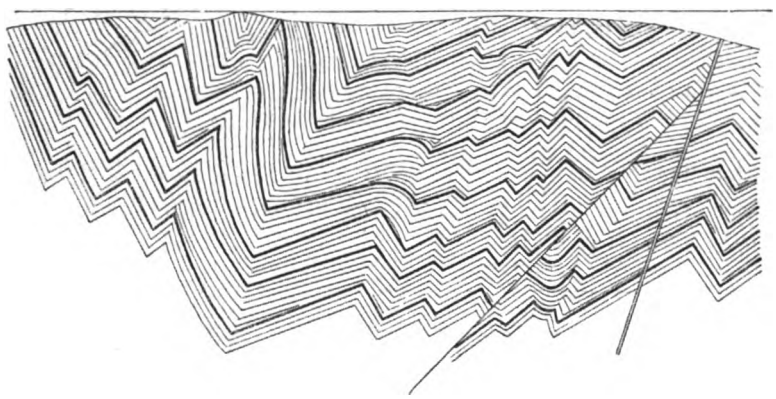
So gleichartig sich denn auch, von einem höheren Gesichtspunkte betrachtet, die geologischen Verhältnisse der Kohlenfelder gestalten mögen, so bewirken doch Faktoren, wie die Gebirgsbildung und die Denudation, beträchtliche Verschiedenheiten, die sich zuweilen der Beobachtung der Geologen entziehen könnten, wenn sie nicht durch großartige Grubenbaue aufgeschlossen würden.

Die ältesten fossilführenden Formationen, das Silur und Devon, sind arm an Brennstoffen der Kohlengruppe. Gewisse silurische Schiefer in Deutschland und England, die wegen ihres Reichtums an Schwefelkies zur Darstellung von Eisenvitriol und Alaun verwendet und danach Alaunschiefer genannt werden, enthalten reichliche Beimengungen kohliger Stoffe, die aber doch nicht beträchtlich genug sind, die Verwertung der Alaunschiefer als Brennmaterial zu gestatten. Schwache, unbauwürdige Kohlen- und Anthracitflöze kennt man im Bereiche silurischer Graptolithenschiefer in Portugal und in der Grafschaft Cork (Südschottland), im Obersilur von Irland, im Silur der Insel Man 2c. Ebenso enthält die Devonformation an einzelnen Orten in

Digitized by Google

Spanien, China und Frankreich Kohlenflöze; Kohlenschiefer und graphitischer Anthracit treten an mehreren Punkten des Devons von Nordamerika auf. Außerdem beweisen die Graphitlager im archäischen Gneis- und Glimmerschiefergebirge, daß die Kohlenbildung bereits vor Beginn der Silurperiode ihren Anfang genommen hat. Wenn es also auch vor der Kohlenformation an Kohlenbildungen keineswegs gemangelt hat, so verschwindet doch die Menge der in den vorkarbonischen Formationen enthaltenen Kohle gegen die enormen Kohlenreichtümer der Karbonformation. Nicht alle ihre Schichten und Ausbildungsformen sind indessen kohlenführend. Wo sich zu ihrer Zeit nur marine Kalke, die Berg- oder Kohlenkalke, gebildet haben, da fehlen jegliche Spuren von Kohle; wo hingegen die Bedingungen für die Entstehung limnischer Festlandsbildungen gegeben waren, da enthalten diese stets bald mehr, bald minder reiche Mengen dieses wertvollen Mineralkörpers.

Unter allen Ländern Europas nimmt in der räumlichen Entwickelung der flözführenden Kohlenformation England den ersten Rang ein; bedecken doch in diesem von der Natur so reich bedachten Lande die karbonischen Bildungen eine Fläche von 480 Quadratmeilen. Die Angaben über die Verbreitung der Steinkohlenformation auf der Oberfläche eines Landes ermöglichen allerdings nur eine grobe Vergleichung des Kohlenreichtums; denn den wahren Wert einer Ablagerung bestimmen neben der Ausdehnung auch noch andere Umstände: die Beschaffenheit der Kohle, die Regelmäßigkeit oder Gestörtheit der Lagerung, das Verhältnis der Gesamtmächtigkeit der bauwürdigen Flöze zur Gesamtmächtigkeit des tauben Gesteines, die Neigung der Flöze zum Grubenbrand und zur Entwickelung von Grubengas, die Wasserführung der durchteuften Schichten, die Tiefe, in der die wichtigsten Flöze auftreten, ꝛc. Allein auch hierin sind die englischen Kohlenlager im allgemeinen mindestens ebenso günstig, vielfach sogar noch günstiger gestellt als die des kontinentalen Europa.



Durchschnitt durch das Kohlenfeld an der Worm bei Aachen. Vgl. Text, S. 568 und 572.

Die produktive Kohlenformation in England tritt in zahlreichen größeren und kleineren isolierten Partien zu Tage, die sich in vier Gruppen zusammenfassen lassen. Im Süden von England erscheint das große Kohlenfeld von South Wales, das durch die Caermarthenbai in eine kleinere westliche und eine größere östliche Hälfte zerfällt. Daran lassen sich anreihen das Kohlenfeld von Bristol und das von Forest of Dean, westlich von der Mündung des Severn. Eine zweite Gruppe von Kohlenfeldern breitet sich im Zentrum der britannischen Insel aus. Hier liegen die Reviere von Forest of Wyre, Shrewsbury, Coalbrook Dale, North Wales, Flintshire, South und North Staffordshire, South und North Lancashire, Warwickshire, Leicestershire, Yorkshire und Derbyshire, mit den großen Industrieorten Birmingham, Wolverhampton, Manchester, Chester, Liverpool, Leeds und Sheffield, ziemlich dicht gedrängt beisammen und nur durch die Auflagerung geologisch jüngerer Bildungen voneinander getrennt. Die dritte Zone von Kohlenablagerungen tritt im nördlichen Teile von England auf: das große Kohlenfeld von

Digitized by Google

Newcastle und Durham an der Ostküste, das von Cumberland an der Westküste der Insel. Die vierte Gruppe endlich, aus den schottischen Kohlenrevieren des Clydebassins, von Mid-Lothian, Fifeshire, Ayrshire bestehend, lehnt sich nördlich an die Abhänge des Grampiangebirges an und erstreckt sich vom Firth of Forth der Ostküste fast ununterbrochen bis zur Westküste. Irland ist arm an Kohlenbildungen; ein großer Teil im Inneren und im Südwesten der Insel wird vom Kohlenkalk eingenommen, dem nur an wenigen Punkten die produktive Kohlenformation aufgelagert erscheint. Obwohl sich die Gebiete der produktiven Kohlenformation gegenwärtig über einen ansehnlichen Teil Großbritanniens erstrecken, haben die Studien der englischen Geologen und namentlich die von Hull erwiesen, daß die Ausdehnung der Kohlenablagerungen ehemals noch großartiger war.

Die Steinkohlenbildungen von Großbritannien lehnen sich meistens gleichmäßig an devonische Schichten an und lassen sich in drei Abteilungen gliedern. Zu unterst liegen der rein marine Kohlenkalk und die Yoredale Rocks genannten marinen Kalkschiefer; dann folgt der flözleere Sandstein oder „Millstone Grit", und den Schluß bildet die limnische Ablagerung der produktiven Kohlenformation, der „Coal measures". Die größte Abweichung von diesem Typus bietet Schottland dar, wo sich statt des marinen Kohlenkalkes eine Reihe von Sandsteinen, Schiefern und Kalklagen von teils limnischer, teils mariner Entstehung vorfindet und zwei kohlenführende Abteilungen ausgebildet worden sind. Die obere entspricht den Coal measures von England, während die untere aus Schiefern und Sandsteinen mit Kohlenflözen limnischer Entstehung im Wechsel mit marinen Kalkbänken besteht und ihr Altersäquivalent wahrscheinlich im Millstone Grit Englands findet. Außerdem zeichnen sich die schottischen Kohlenablagerungen durch mehrfaches Eingreifen vulkanischer Bildungen ein.

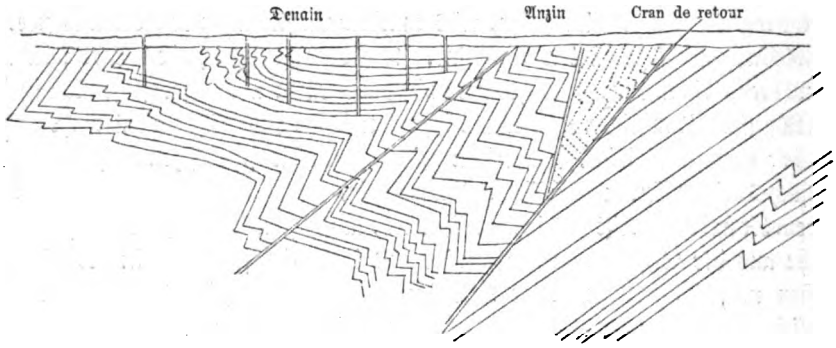
Auf dem Kontinent tritt uns in dem schmalen, langgestreckten Zuge von Kohlenbildungen, der ungefähr aus der Gegend von Valenciennes in Nordostfrankreich in der Richtung von Westsüdwesten nach Ostnordosten über Belgien nach Nordwestdeutschland verläuft, die augenscheinliche Fortsetzung der englischen Kohlenformation entgegen. Die Verbindung, die ehemals lückenlos war, wird gegenwärtig nur durch einen spärlichen Überrest, das kleine Kohlenlager von Harbinghen bei Calais, hergestellt. Etwas weiter westlich erscheint zwischen Béthune, Douai und Valenciennes auf französischem Gebiete das Kohlengebirge bereits als ein zusammenhängender Zug, liegt aber unter einer bis zu 140 und mehr Meter mächtigen Decke von obercretacischen und tertiären wasserreichen Schichten verborgen. Nur durch Tiefbohrungen konnte man hier zur Kenntnis der unterirdischen Reichtümer gelangen. Erst auf belgischem Boden, bei Mons und noch weiter östlich, bei Charleroi, Namur und Lüttich, tritt die ununterbrochen fortstreichende Kohlenformation zu Tage aus, obwohl auch da jüngere Bedeckungen namentlich in den nördlichen Teilen des Zuges vorhanden sind. Östlich von Lüttich keilt sich das Kohlengebirge mit den beiden bei Aachen auf deutschem Gebiet gelegenen kleinen Becken an der Inde und Worm aus, um erst nordöstlich davon, in der Gegend von Duisburg am Rhein, wieder anzusetzen und von da, ostnordöstlich in das Ruhrgebiet von Essen und Dortmund fortstreichend, das bedeutendste Kohlenfeld Deutschlands und des Kontinents zu bilden.

Das eben umschriebene Band von Kohlenbildungen ist südlich von devonischen Schichten begrenzt und verschwindet im Norden und Westen unter der Bedeckung von Kreide und Tertiärablagerungen. Die Gliederung des Kohlengebirges weicht insofern von den englischen Verhältnissen ab, als sich hier in der westlichen Partie der flözleere Sandstein, der Millstone Grit, nicht mehr als besondere Abteilung festhalten läßt, sondern der Kohlenkalk die Unterlage der flözführenden Schichten bildet. Sehen wir die Kohlenformation schon in England mehrfach aufgerichtet und gefaltet, so ist dies in einem noch viel höheren Grade in Frankreich und Belgien der Fall. Die flachen Terrainwellen der Oberfläche lassen davon freilich nichts erkennen; allein die

Digitized by Google

schönen Aufschlüsse der Bergbaue entwerfen uns ein großartiges Bild der Massenbewegungen, Brüche und Faltungen, die dieses Gebiet erlitten hat. Im allgemeinen kann die Ablagerung als eine von Süden nach Norden zusammengedrückte, überschobene Mulde aufgefaßt werden, deren Südflügel außerordentlich stark gefaltet und mehrfach zusammengeknickt ist, während der Nordflügel verhältnismäßig ungestört und flach liegt. Beide Flügel sind durch eine große, „grand faille" und „cran de retour" genannte Verwerfung getrennt, die parallel dem Streichen der Mulde weithin verfolgt werden kann (s. untenstehende Abbildung). Außerdem sind noch andere untergeordnetere, aber auch nicht unbedeutende Verwerfungen vorhanden, die in Verbindung mit den Knickungen der Flöze des Südflügels den Bergbau sehr erschweren (vgl. Bd. I, S. 371).

Die beiden Kohlenbecken an der Worm und Inde bei Aachen sind schon einfacher gebaut: sie bilden zwei durch devonische Grauwacke und Kohlenkalk voneinander getrennte Mulden. Noch unbeträchtlicher sind die Faltungen in dem regelmäßig gebauten Kohlenfeld an der Ruhr. Die flözführenden Schichten bilden hier vier normale Mulden, die durch Sättel von flözleerem Sandstein getrennt sind; nach Norden gerichtete, kleinere Überschiebungen sind aber auch hier



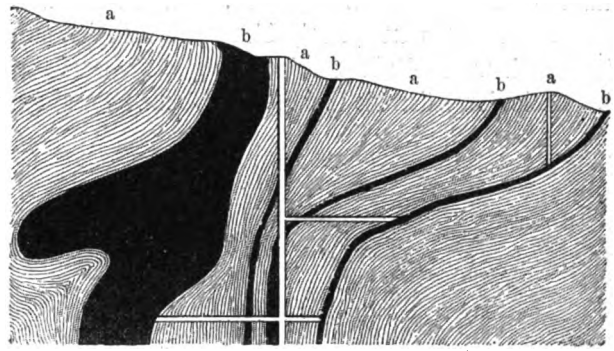
Durchschnitt durch das Kohlenrevier von Valenciennes. (Nach H. Laporte.)

vorhanden. Die Hauptmulde ist die von Witten-Hörde; darauf folgt nach Norden die Mulde von Bochum, sodann die von Essen und endlich die von Duisburg. Die drei ersten Mulden sind in ihrem nördlichsten Teile, die letzte gänzlich von Kreidebildungen bedeckt. Die Gliederung und Beschaffenheit der Steinkohlenformation im Ruhrbecken weist in mehrfacher Hinsicht eigentümliche Verhältnisse auf. Die Abteilung des flözleeren Sandsteines gewinnt hier wieder eine gewisse Selbständigkeit, und statt des Kohlenkalkes stellt sich als liegendste Gruppe eine unter der Bezeichnung „Kulm" zusammengefaßte Reihe von Schiefern, Sandsteinen und plattigen Kalken ein; nur im westlichsten Teile des Ruhrbeckens ist der Kohlenkalk noch vertreten. Das flözführende System enthält drei Flözzüge mit 76 bauwürdigen und 54 unbauwürdigen Flözen.

An das Ruhrbecken sind in Deutschland zunächst das Saar-Revier bei Saarbrücken und die beiden oberschlesischen Kohlenbecken anzureihen. Jenes bildet eine inselförmig aus der Bedeckung der geologisch jüngeren Schichten des Rotliegenden und des Buntsandsteines hervorragende Scholle von produktiver Steinkohlenformation, deren Liegendes unbekannt ist. Von den oberschlesischen Kohlenfeldern liegt das eine bei Waldenburg am südwestlichen Rande des Eulengebirges. Es stellt sich als eine langgezogene, hufeisenförmige Mulde dar, deren östlicher und nördlicher Teil mit dem Hauptkohlenreichtum zu Preußisch-Schlesien gehört, während die kleinere westliche Flanke nach Böhmen fällt. Ausgedehnter und großartiger ist das zweite oberschlesische Kohlenbecken, das sich zwischen den Abhängen der Sudeten im Westen, dem polnischen Hügelland im Osten und dem karpathischen Höhenzug der Beskiden im Süden ausbreitet. Hier hat

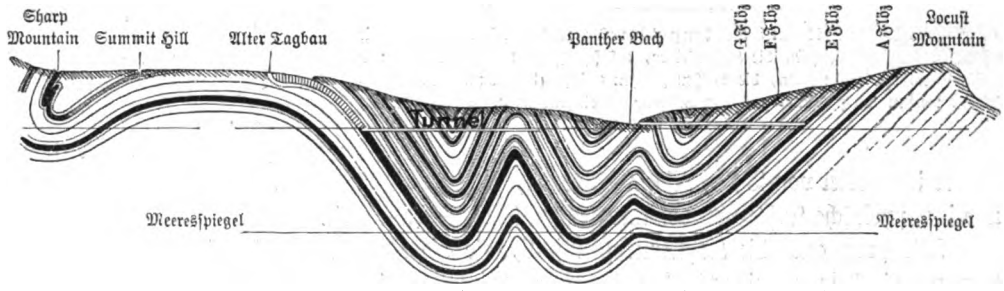
Digitized by Google

die Bergbauthätigkeit ein verhältnismäßig noch jugendliches Alter; die ersten Anfänge reichen in das Jahr 1750 zurück. Im Osten reicht dieses Kohlenbecken bis nach Russisch-Polen (Dombrowa) und Galizien (Gegend von Krakau), im Südwesten nach Österreichisch-Schlesien und Mähren. Die Unterlage der Kohlenformation bildet im Krakauer Gebiet Kohlenkalk, im Ostrauer Gebiet und in Schlesien Kulmschiefer und Kulmsandstein. Kleinere Vorkommnisse von produktiver Kohlenformation beutet man in Deutschland bei Ibbenbüren, am Piesberg bei Osnabrück, im Plauenschen Grunde bei Dresden sowie in der Gegend von Chemnitz und Zwickau aus.



Zusammenschiebung der Kohle („Große Masse") im Kohlenfelde von Saint-Etienne: a) Kohlengebirge, b) Kohle. (Nach Burat.)

Alle bisher besprochenen Kohlenbecken der Karbonformation gehören mit Ausnahme des Saarbrückener und des Plauenschen dem „paralischen" Typus an. Ihnen kann man eine Reihe anderer Kohlenlager von rein lakustrer Entstehung entgegenstellen, die sich auf den uralten Festländern, den kristallinischen Massivs, oder an deren Rande gebildet haben. Sie stehen fast stets mit Schichten des Rotliegenden oder der unteren Permformation in innigem Verbande; diese sind dann ganz ähnlich entwickelt wie das Karbon und führen ebenfalls Kohlenflöze. So sehen wir auf dem böhmischen Massiv mehrere isolierte Schollen produktiver Kohlenformation in flacher Lagerung ausgebreitet: das Pilsener Becken, die von Kladno



Profil durch den östlichen Teil des ersten Anthracitbassins von Pennsylvanien. Die schraffierten Teile der Flöze bedeuten bereits abgebaute Partien. (Nach Höfer.) Vgl. Text, S. 574.

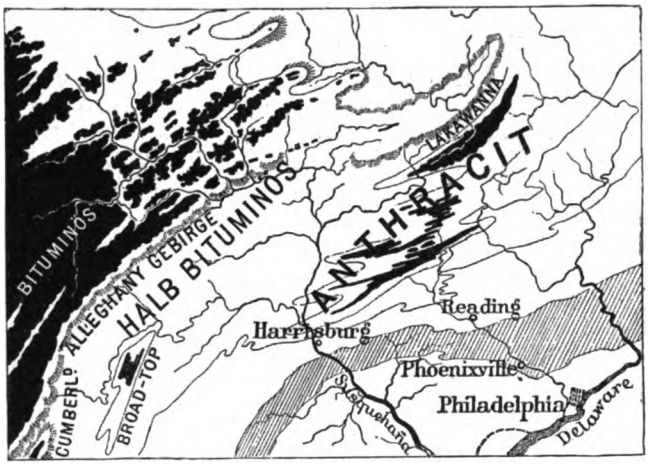
(s. Abbild., S. 569, oben), Schlan, Rakonitz, Miröschau. Am Rande dieses Massivs verläuft bei Rossitz auf mährischem Boden ein Kohlenlager, das in Form eines schmalen, gegen 14 km langen Zuges zwischen dem Glimmerschiefer des Massivs im Westen und dem Syenitzug von Brünn im Osten eingekeilt erscheint. Seine steile, gestörte Lagerung erinnert an die zahlreichen kleinen Kohlenlager am Zentralplateau von Frankreich, deren geologischer Bau schon erwähnt worden ist. Hierher gehören nebst manchen anderen die Reviere von Autun, Epinac, Blanzy, Le Creuzot (s. Abbild., S. 569, unten), Saint-Etienne (s. obenstehende Abbildung) und Alais am Ostrande, von Commentry und Bezenet am Nordrande des Plateaus. Obwohl ihre Ausdehnung nicht allzu groß ist, haben sie doch für das nicht allzu kohlenreiche Frankreich eine hohe Bedeutung.

In den Alpen und Karpathen spielen Gesteine der Kohlenformation zwar eine ziemlich beträchtliche Rolle, sind aber nur an wenig Stellen von abbauwürdigen Kohlenmengen begleitet.

Digitized by Google

Zuweilen erscheint die Kohle in Anthracit verwandelt, wie an der Stangalpe und am Eisenhut an der Grenze zwischen Steiermark, Kärnten und Salzburg in den Ostalpen und an mehreren Punkten von Savoyen, Unterwallis, dem Dauphiné und dem Departement Isère in den Westalpen. Mit den alpinen stimmt nahe überein das Vorkommen von Jano in Toscana und San Sebastiano de Seni auf Sardinien. Zu den kohlenärmsten Ländern Europas gehört Italien. Spanien und Portugal dagegen verfügen wohl über mehrere Zonen von reichen Kohlenfeldern, nutzen aber bis jetzt ihren Kohlenreichtum nur wenig aus.

Im Osten Europas ist die Kohlenformation außerordentlich verbreitet, freilich meist in der Ausbildungsweise des marinen Bergkalkes; nur in zwei Distrikten hat ein Teil der Schichten der Karbonformation die limnische Facies mit Kohlenflözen: im Donezer und im zentralrussischen Kohlenbecken. Die flözführenden Schichten lagern auch hier auf marinem Kohlenkalk auf, bilden aber im Gegensatz zu der Entwickelung der entsprechenden Schichten in West- und Mitteleuropa nicht den Abschluß des Karbons, sondern werden abermals von marinem jüngeren Kohlenkalk bedeckt. Im Donezer Becken, das am Unterlauf des Donez ein niederes Plateau von 386 Quadratmeilen bildet, sind die Schichten stark gefaltet und die Kohle teilweise in Anthracit verwandelt. In Zentralrußland dagegen erscheint die produktive Kohlenformation als flach gelagerte, 60 Meilen lange Mulde im Gebiet von Tula, Rjäsan, Kaluga, südlich von Moskau, und ihre Flöze führen eine unreine, pyritische Kohle von braunkohlenähnlicher Beschaffenheit.



Karte des Anthracit- und Kohlengebietes von Pennsylvanien. Die schwarzen Flächen bezeichnen die Kohlenfelder, das schraffierte Band eine Zone von mesozoischem roten Sandstein, die weißen Flächen zwischen diesem und den Kohlenfeldern werden durch Silur- und Devonbildungen eingenommen. (Nach Dana.) Vgl. Text, S. 575.

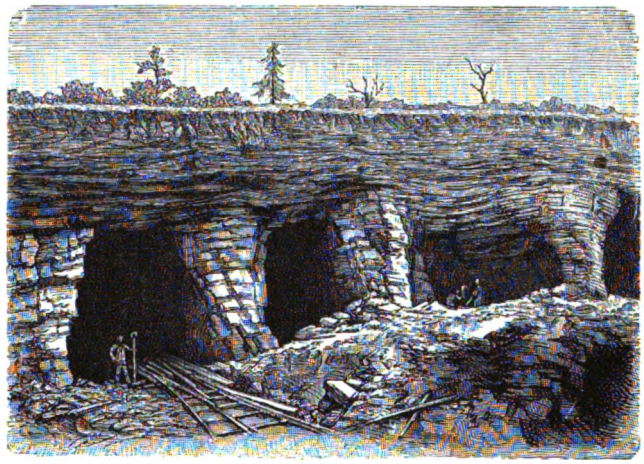
Wie groß auch die Kohlenmengen sind, die die Karbonformation in einzelnen Teilen Europas birgt, so erscheinen sie doch unbedeutend im Vergleich zu dem enormen Reichtum an fossilem Brennstoff, den dieselbe Formation in Nordamerika enthält. Das produktive Kohlengebirge erstreckt sich hier über sehr weite Strecken. Dana schätzt die steinkohlenführende Fläche Nordamerikas auf 193,000 englische Quadratmeilen, während für Englands und Irlands Kohlenfelder nur 9000 englische Quadratmeilen Oberfläche berechnet worden sind. Man unterscheidet in Nordamerika sieben Kohlenfelder, von denen nur das akadische in den britischen Besitzungen gelegen ist. Die übrigen gehören den Vereinigten Staaten an: das Kohlenfeld von Neu-England, das von Pennsylvanien, das appalachische, das von Michigan, das zentrale und das am Missouri. Wie in Europa, beginnt die Kohlenformation auch in Nordamerika mit dem marinen Bergkalk („Subkarbon" der Amerikaner). Darüber liegt die produktive Kohlenformation. Dazwischen tritt ein dem Millstone Grit entsprechender Konglomerat- und Sandsteinkomplex.

In Pennsylvanien, dem gegenwärtig am intensivsten ausgebeuteten Kohlengebiet Nordamerikas, ist die bituminöse Kohle durch Anthracit ersetzt. Zu regelmäßigen Sätteln und Mulden (s. die Abbildung, S. 573, unten), die sich parallel dem Küstensaume von Südsüdwesten nach

Digitized by Google

Nordnordosten hinziehen, ist hier die Kohlenformation am Westabhang des Alleghanygebirges gefaltet (s. Abbildung, S. 574). Viele günstige Umstände wirken zusammen, um diesem Gebiet eine hervorragende Bedeutung zu sichern: zunächst die vorzügliche Beschaffenheit des Anthracits, die regelmäßige Lagerung, die geringe Tiefe, die nicht selten den Bestand von Tagbauen ermöglicht (s. untenstehende Abbildung), und endlich das Vorhandensein von schiffbaren Flüssen, die eine beträchtliche Erleichterung der Verfrachtung bedingen.

Westlich von der gefalteten Anthracitregion legen sich die Schichten immer flacher und bilden so das große nordamerikanische Tafelland, das bis an die Gebirge des fernen Westens heranreicht. Hier liegen die großartigsten amerikanischen Kohlenfelder. Das appalachische, von dem der nördlichste, zu Pennsylvanien gehörige Teil in der Abbildung auf Seite 574 dargestellt ist, erstreckt sich von da bis nach Alabama im Süden mit einer Fläche von 59,000 englischen Quadratmeilen. Östlich davon liegt das zentrale Gebiet von Illinois, von dem Missourigebiet nur durch das Erosionsterrain des Mississippi getrennt. Beide zusammen belegen eine Fläche von 125,000 englischen Quadratmeilen. Dazu kommt noch der Michigandistrikt zwischen dem Michigan- und Huronsee mit 6700 englischen Quadratmeilen. In diesen Gebieten liegt die Kohlenformation fast vollkommen flach und liefert nicht, wie der östliche Distrikt von Pennsylvanien, Anthracit, sondern bituminöse Steinkohle. Geht man von der Anthracitregion nach Westen, so gelangt man zunächst in ein Gebiet, wo die Kohle halb bituminös, halb anthracitisch ist; und in den völlig flach gelagerten, noch westlicheren Teilen nimmt sie durchweg bituminösen Charakter an. Die großen Kohlenfelder des mittleren Gebietes von Nordamerika sind zum allergrößten Teil noch völlig unberührt. Am intensivsten ausgebeutet wird im Verhältnis zu seiner Flächenausdehnung das pennsylvanische Anthracitgebiet, das den großen Kulturzentren des amerikanischen Ostens am nächsten liegt.



Flözausbiß der Grube Hollywood in Pennsylvanien.
(Nach Chance.)

Nur ein Land der Erde kann sich in Bezug auf Kohlenreichtum mit Nordamerika messen: China, über dessen ausgedehnte Kohlenfelder erst die Reisen des Freiherrn v. Richthofen genügendes Licht verbreitet haben. Auch in China vereinigen sich zahlreiche natürliche Umstände, die die industrielle Entwickelung des Landes in hohem Grade begünstigen werden. Zu dem außerordentlichen Reichtum an Kohle gesellen sich auch noch große Eisenlager, die häufig mit der Kohle zusammen vorkommen; und die Kohle selbst erscheint unter Lagerungsverhältnissen, die für den Abbau sehr förderlich sind. Die größten Kohlendistrikte endlich, die sich in den Provinzen Schensi und Schansi im Norden und in Setschuan im Süden des Reiches befinden, werden von den mächtigen, schiffbaren Strömen Huangho und Jantsekiang durchzogen. Gegenwärtig ist die Kohlengewinnung in China, obwohl schon sehr alten Datums, noch immer verhältnismäßig gering und primitiv: es ist noch gar nicht so sehr lange her, daß der Versuch gemacht wurde, Dampfmaschinen zur Förderung der Kohle in Verwendung zu bringen.

Digitized by Google

Neben den chinesischen und nordamerikanischen Kohlendistrikten kennt man auch in anderen außereuropäischen Ländern mehr oder minder reiche kohlenführende Territorien der Karbonzeit, die hier bei der Knappheit des Raumes nicht weiter berührt werden können.

Obwohl die Bedingungen für die Kohlenbildung niemals so günstig waren wie in der Karbonperiode, so enthält doch jede der nachkarbonischen Formationen abbauwürdige Kohlenmengen. Von der Permformation wissen wir bereits, daß sie namentlich in solchen Gebieten Kohlen führt, wo sie mit der oberen Stufe der produktiven Kohlenformation in engem Verbande steht.

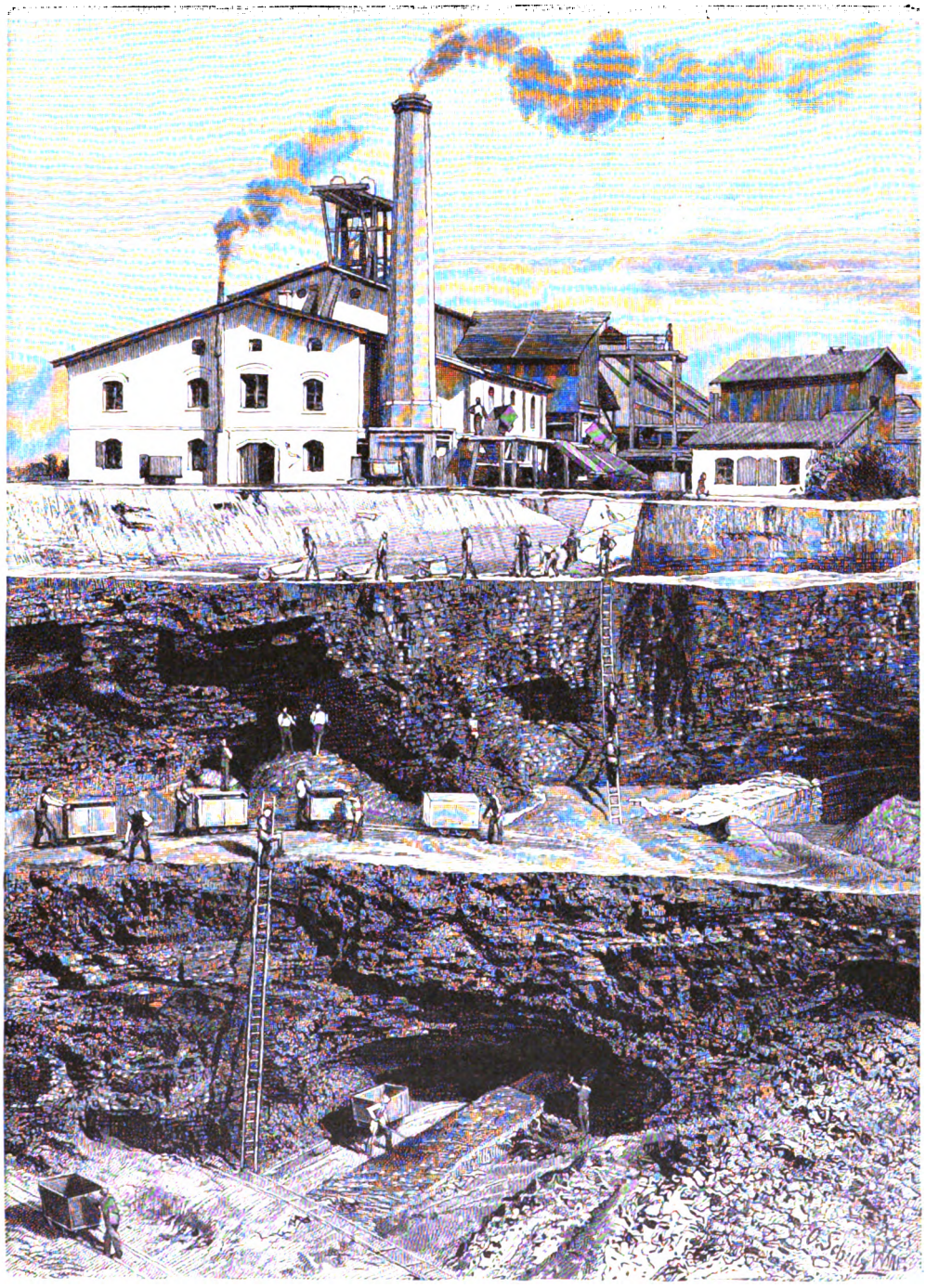
Die Trias erweist sich in Europa namentlich in ihren oberen Gliedern als kohlenführend. Dem Keuper sind zuweilen bauwürdige Kohlenflöze (die „Lettenkohle") eingeschaltet, wie in Süddeutschland, Oberschlesien und Polen, dem Lunzer Sandstein in den Niederösterreichischen Alpen, der rätischen Stufe in Höganäs am schwedischen Sund, auf der Insel Bornholm, an mehreren Punkten Frankreichs und nach v. Richthofen auch in China.

Die Juraformation enthält Kohlenbildungen, von denen die des Lias die meiste Bedeutung besitzen. So enthält die litorale Facies der Grestener Schichten in den Nordalpen, im Banat und in der Gegend von Fünfkirchen zahlreiche mächtige Flöze verkokbarer Backkohle von guter Beschaffenheit, die für Österreich-Ungarn, einem an geologisch älteren Steinkohlen nicht allzu reichen Lande, von Bedeutung sind. Eines großen Kohlenreichtums erfreuen sich ferner die ausgedehnten Liasbildungen, deren näheres geologisches Alter noch nicht sichergestellt ist, im Kaukasus, in Transkaukasien, auf der Halbinsel Mangyschlak und im Elburzgebirge in Persien. In keinem anderen Gebiet aber haben sich kohlenführende Festlandsablagerungen mesozoischen Alters in so großartigem Maßstabe gebildet wie auf dem kristallinischen Massiv von Bengalen, in Südafrika und Südostaustralien. In Ostindien stellt die Gondwana Series eine bis zu 12,000 englische Fuß mächtige Folge von Sandsteinen und Schiefern mit Pflanzenresten, Konglomeraten und mächtigen Kohlenflözen dar, die als ununterbrochene Süßwasserbildungen aus der Zeit des oberen Perms bis in die Juraformation betrachtet werden müssen und ein ebenso hohes wissenschaftliches wie praktisches Interesse darbieten. Die Schichten der Gondwana Series bilden zwischen dem Ganges und der Godaweri im östlichen Teile der Dekhanhalbinsel zahlreiche ausgedehnte Kohlenbecken, deren nationalökonomische Bedeutung nicht gering anzuschlagen ist. Entsprechende Ablagerungen setzen die großen australischen Kohlenfelder in Queensland und Neusüdwales zusammen und bilden die kohlenreiche Karrooformation Südafrikas.

Die Kreideformation ist in manchen Stufen ebenfalls sublitoral entwickelt, wodurch sie die Entstehung von Kohlenflözen ermöglichte. So tritt uns in der Wälderthon- oder Wealdenstufe eine lakustre Ausbildung der untersten Kreideformation entgegen, die im nordwestlichen Deutschland seit Jahren lebhaft abgebaute Kohlenflöze enthält. Eine etwas jüngere Kreidestufe, das Aptien, führt Kohlen in der Provinz Teruel in Spanien; und auch in der oberen Kreide kennt man abbauwürdige Kohlenmengen.

Reichlicher als in den mesozoischen Formationen haben sich Kohlenflöze zur Tertiärzeit gebildet, haben aber ausnahmslos schon die Merkmale echter Braunkohlen. Jede Stufe der so reich gegliederten Tertiärablagerungen ist bald da, bald dort durch Kohlenführung ausgezeichnet. Die Zahl der Braunkohlenlager ist so bedeutend, daß es nicht möglich ist, auch nur flüchtig auf Einzelheiten einzugehen; es mögen nur die für Deutschland und Österreich-Ungarn wichtigsten kurz erwähnt werden. Deutschlands hauptsächlichste Braunkohlenformation ist das Oligocän; das Mitteloligocän führt Kohle in den ober- und niederrheinischen und hessischen Revieren, das Unteroligocän in der Magdeburger und Thüringer Mulde und in dem weit ausgedehnten Fachlande zwischen Elbe und Weichsel. Auch die Braunkohlenablagerung am Nordfuß der Bayrischen Alpen gehört dem Oligocän an. In Österreich-Ungarn zeichnet sich die Eocänformation namentlich

Digitized by Google



Nordböhmischer Braunkohlentagbau bei Dux. (Nach Photographie.) Vgl. Text, S. 578.

im Graner Gebiet und im Küstenlande durch Kohlenführung aus, das Oligocän bei Häring in Tirol, in Untersteiermark und im Zsilythal in Siebenbürgen, das Oligocän, das Miocän und die jüngeren Tertiärschichten in Nordböhmen und in verschiedenen Teilen des großen österreichisch-

Digitized by Google

steirisch-ungarischen Tertiärbeckens. Die Ausdehnung der Braunkohlenlager ist meist viel geringer als die der Steinkohlenflöze, um so gewaltiger ist ihre Mächtigkeit. Lager von 15—20, selbst 30 m Mächtigkeit sind nicht ungewöhnlich; in großen Tagebauen aufgeschlossen, gewähren sie einen imposanten Anblick (s. Abbildung, S. 577).

Die Gesamtproduktion der Erde an Kohle wächst seit vielen Jahren, namentlich seitdem die Dampfmaschine immer allgemeiner verwendet wird, rasch, in den letzten Jahren sogar rapid. Sie betrug nach Williams im Jahre 1880 ungefähr 328,69, im Jahre 1881: 360,8, im Jahre 1884 gar 406,38 Millionen Tonnen.

Staaten	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
England und Irland .	1879	134,008,228	1881	154,184,300	1884	160,757,815	1892	181,786,871
Verein. Staat. v. N.-A.	1877	54,398,250	"	76,679,491	1884	106,906,295	"	179,329,071
Deutschland	1877	48,296,367	"	61,540,475	1883	70,442,648	"	94,196,000
Frankreich	1877	16,877,200	"	19,909,057	1884	20,127,209	"	26,064,073
Österreich-Ungarn .	1876	14,252,038	"	19,000,000	1883	17,047,961	1890	9,926,000[2]
Belgien	1878	14,899,175	"	17,500,000	1884	18,041,000	1891	19,675,644
Rußland	1876	1,824,868	"	3,255,000	1882	3,742,380	1889	5,943,408
Britisch-Indien . .		500,000	"	4,000,000		—		—
Kanada	1877	757,796		—		—	1890	3,117,661
Japan		—	"	800,000		—	1890	2,608,284
Neusüdwales . . .	1877	1,444,271	"	1,775,224[1]		—		—
Spanien	1873	699,500	"	800,000	1880	847,127	1891	1,314,147
Neuschottland . . .	1879	688,626	"	1,124,270		—		—
Italien		—		—	1882	220,000	1889	390,320
Vancouver-Island .	1878	145,542	"	325,000		—		—
Schweden		—		—	1882	250,000	1888	300,000
Queensland	1877	60,918		—		—		—
Andere Länder . . .		—		—	1883	8,000,000		—

[1] Produktionsziffer für ganz Australien. [2] Ohne Braunkohle; mit dieser 22 Millionen Tonnen.

Aus der Tabelle ergibt sich, daß die Produktionsziffern mit dem natürlichen Kohlenreichtum nicht überall im Einklang stehen. So steht England immer noch an der Spitze der Produzenten und liefert fast die Hälfte der gesamten Produktion der Erde, obwohl seine kohlenführende Area bei weitem nicht die größte ist. Diese gewaltige Überlegenheit Englands ist nur zum Teile von der Natur vorgeschrieben, sie ist mehr geschichtlich und wird in dem Maße verhältnismäßig kleiner werden, als die Industrie anderer kohlenreicher Länder erstarken, sich zunächst von England emanzipieren und schließlich damit in Wettkampf eintreten wird. Aber noch aus einem anderen Grunde wird England seine Stellung als erstes kohlenproduzierendes Land der Erde nicht aufrecht erhalten können: durch die intensive Ausbeutung der unterirdischen Kapitale dieses Landes muß deren allmähliche Erschöpfung eintreten; und schon haben englische Forscher, besorgt um die Zukunft, die Frage aufgeworfen, für wie lange wohl noch die unterirdischen Kohlenvorräte vorhalten möchten. Der Regierung schien diese Frage von so ernster Bedeutung, daß im Jahre 1871 eine parlamentarische Kommission mit ihrer Untersuchung betraut wurde. Hull hat im Jahre 1860 die bis zu einer Tiefe von 4000 engl. Fuß vorhandenen Kohlenvorräte auf 79,843 Millionen Tonnen berechnet, während die erwähnte Parlamentskommission zu der etwas günstigeren Ziffer von 146,480 Millionen Tonnen gelangt ist. Nimmt man an, daß der Kohlenkonsum fortwährend in demselben Maße steigt wie bisher, so würden die Kohlenvorräte Englands nur noch für 360, nach anderer Berechnung gar nur für 276 Jahre vorhalten. Greenwill gibt die am 1. Januar 1882 noch vorhandene unterirdische Kohlenmenge Englands mit 86,840 Millionen

Digitized by Google

Tonnen an. Derartige Berechnungen können aus vielen Gründen nur Näherungswerte liefern, und es ist begreiflich, daß die gewonnenen Ziffern stark voneinander abweichen. Die Kohlenmenge allein ist indessen nicht das einzig Maßgebende. Auch die Kosten der Produktion werden zu berücksichtigen sein, und da kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß sich diese mit zunehmender Tiefe der Grubenbauten erheblich steigern und andere Länder, zunächst Nordamerika, viel billiger produzieren werden als England. So wie England gegenwärtig der Hauptindustrieherd der Welt ist, so dürfte diese Rolle bald an Nordamerika übergehen. Noch später dürfte sich China in den Vordergrund stellen, ein Land, das nicht nur über gleich große Vorräte an Kohle wie Nordamerika verfügt, sondern auch von einer betriebsamen und fleißigen Bevölkerung bewohnt wird, die ihre konservative Sonderstellung schon jetzt teilweise aufzugeben beginnt.

Auf dem Kontinent wurde die Kohlengewinnung in früheren Jahren namentlich von Belgien und Frankreich intensiv betrieben, und gegenwärtig sind diese beiden Länder einer besonders erheblichen Steigerung ihrer Produktion kaum noch fähig. Etwas günstiger ist Deutschland gestellt, dessen Kohlenfelder weit weniger erschöpft sind als die französischen und belgischen, und wohl auch Österreich-Ungarn, das namentlich über große Vorräte an Braunkohle verfügt. Von den übrigen europäischen Ländern könnten Rußland und Spanien eine weitaus größere Kohlenmenge zu Tage fördern, als dies jetzt der Fall ist. Die außereuropäischen Länder verbrauchen von ihren Kohlenreichtümern durchweg nur den geringsten Teil. Großen Einfluß übt die Kohlenproduktion auf die Eisengewinnung aus.

Erdöl, Erdwachs, Asphalt. Wie die Kohlen eine genetisch zusammenhängende Reihe von brennlichen Fossilstoffen organischer Herkunft vorstellen, so bilden auch Erdöl, Erdwachs und Asphalt eine zusammengehörige Gruppe von Stoffen, die durch ähnliche chemische Beschaffenheit und Entstehung nahe verwandt sind. Die Glieder dieser zweiten Reihe können feste oder flüssige Form annehmen und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Kohlen, daß sie nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, mit Ausschluß des den Kohlen niemals fehlenden Sauerstoffes.

Unter den natürlichen Kohlenwasserstoffverbindungen beansprucht das Erdöl (Petroleum, Steinöl, Bergöl, Naphtha) die größte Bedeutung. Während die Kohle eine lange Geschichte hinter sich hat, ist das Erdöl erst seit kaum vier Jahrzehnten in den Kreis der Naturprodukte einbezogen worden, die der Mensch zum Zwecke kultureller Verwendung in großem Maßstabe ausbeutet, obwohl sein Vorkommen an sich schon seit den ältesten Zeiten bekannt war. Dies erhärten zahlreiche alte Ortsnamen in allen Erdölrevieren, die vom Vorkommen dieses merkwürdigen Stoffes herzuleiten sind. Aus dem klassischen Altertum und dem Mittelalter liegen historische Daten über die Verwendung von Erdöl vor, das meist als Schmiermittel und als Arznei, doch auch als Brennmaterial ausgenutzt wurde. Das Erdöl von Agrigent wurde als sizilisches Öl in Lampen gebrannt, ebenso das Öl der Insel Zante. Das Erdöl von Amiano diente im 18. Jahrhundert in Genua einige Zeit sogar zur Straßenbeleuchtung. Das Erdöl von Tegernsee in Bayern galt unter dem Namen St. Quirinus-Öl als Arznei, und im Altertum bildete das Erdöl eine Art Universalmittel. In Nordamerika waren die Indianer mit dem Vorkommen des Erdöls ebenfalls vertraut; sie gewannen es in kleinen, seichten Gruben und brachten es als „Seneca-Öl" in den Handel. Doch erst als es im Jahre 1859 in Pennsylvanien gelungen war, durch Tiefbohrungen bedeutende Mengen von Petroleum dem Schoße der Erde abzuringen, und als man fast gleichzeitig in Amerika und in Galizien gelernt hatte, aus dem Rohöl ein als Leuchtstoff brauchbares Destillationsprodukt herzustellen, entstand mit wirklich beispielloser Raschheit die eigentliche Petroleumindustrie, die sich im Fluge eine hohe wirtschaftliche Bedeutung eroberte.

Das Erdöl ist keine einfache Verbindung, sondern ein Gemenge mehrerer Kohlenwasserstoffverbindungen, die verschiedene Dichte, ganz verschiedenen Siedepunkt und durchaus

Digitized by Google

verschiedene Entzündbarkeit besitzen. Meist sind es Verbindungen, die nach der allgemeinen Formel C_nH_{2n+2} gebaut sind:

Verbindungen	Formel	Spezifisches Gewicht	Kohlenstoff (C)	Wasserstoff (H)	Siedepunkt
Pentylhydrür (Amylwasserstoff) . .	C_5H_{12}	0,64	83,3	16,7	30°
Hexylhydrür (Caproyl)	C_6H_{14}	0,676	83,7	16,3	61°
Heptylhydrür (Önanthyl)	C_7H_{16}	0,701	84,0	16,0	90°
Oktylhydrür (Pelargyl)	C_8H_{18}	0,737	84,2	15,8	119°
Nonylhydrür	C_9H_{20}	0,756	84,4	15,6	150°

In manchen Erdölvorkommen sind die Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe C_nH_{2n-6} nachgewiesen worden, deren spezifisches Gewicht ungefähr 0,86 beträgt.

Verbindungen	Formel	Siedepunkt	Kohlenstoff (C)	Wasserstoff (H)
Benzol	C_6H_6	82°	92,3	7,7
Toluol	C_7H_8	111°	91,3	8,7
Xylol	C_8H_{10}	139°	90,6	9,4
Cumol	C_9H_{12}	148°	90,0	10,0
Cymol	$C_{10}H_{14}$	175°	89,5	10,5

Je nach dem Vorherrschen der schwereren oder der leichteren Verbindungen in einem bestimmten Rohöl unterscheidet man im allgemeinen „schwere" und „leichte Öle"; jene, die mehr dunkel gefärbten Öle, führen durch den halbflüssigen braunen Bergteer zum Asphalt, während die Reihe der heller gefärbten leichten Öle in dampfförmige Glieder ausgeht.

Die Anwesenheit von Rohöl in der Erdrinde verrät sich auf mannigfaltige Weise. An einzelnen Orten der Erdölreviere treten an der Oberfläche von Wasserspiegeln kleine Ansammlungen von Erdöl auf, die sich durch irisierende Färbung und intensiv-aromatischen Geruch leicht kenntlich machen. An anderen Orten quillt das Erdöl direkt aus der Erde hervor, oder statt dessen finden fortdauernde Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgasen statt, die, angezündet, brennen und die „ewigen Feuer" bedingen. Bei näherer Untersuchung der Stellen, wo das Erdöl hervorkommt, erkennt man, daß dort entweder eine mit Öl durchtränkte Gesteinsschicht zu Tage ausgeht, oder aber nur eine sekundäre Infiltration von Öl, dessen eigentlicher Sitz in größerer Tiefe gelegen ist, vorliegt. Im ersten Falle kennt man dann bereits die Ölschicht, im zweiten muß man sie erst durch Abteufen von Schächten oder durch Bohrungen nachweisen. Solche Ölschichten werden stets von Gesteinen gebildet, deren Zusammenhang nicht ganz lückenlos ist, wie von Sandsteinen, Konglomeraten, Sanden, zelligen Kalken, deren kleinere oder größere Hohlräume gänzlich mit Öl und Ölgasen erfüllt erscheinen. Derartige ölführende Schichten konnten sich wie die Kohlen zu allen Zeiten der Erdgeschichte und in den verschiedensten Gegenden gebildet haben. Wir finden in der That die Ölvorkommnisse auf alle Formationen und auf alle Teile der Erde verteilt, wenn auch nicht alle die gleiche wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung in Anspruch nehmen können.

In Nordamerika tritt das Erdöl namentlich in fünf Gebieten auf: in der Gegend von Enniskillen in Kanada, zwischen dem Huronen- und Eriesee, im Bezirke von Gaspé in Nordkanada an der Mündung des Lorenzstroms, in Pennsylvanien zwischen dem Eriesee und Pittsburg, in Ohio und Virginien und endlich in Kentucky und Tennessee; seit 1878 ist es auch in Kalifornien bekannt. Mit Ausnahme des wirtschaftlich untergeordneten Vorkommens von Gaspé, das durch sein hohes geologisches Alter (Silur) Interesse erregt, liegen

Digitized by Google

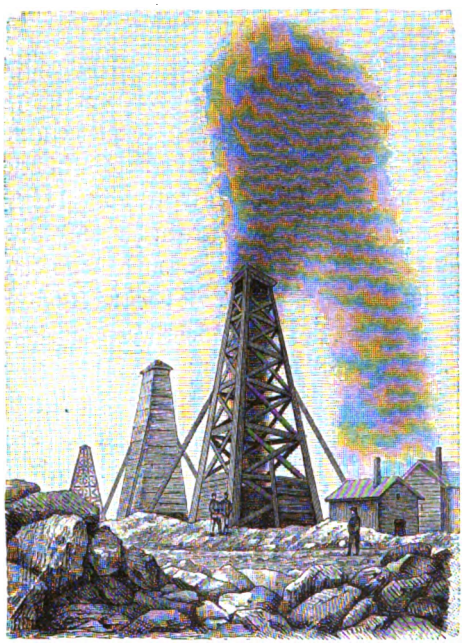
alle diese Gebiete westlich vom Alleghanygebirge, im nordamerikanischen flachen Tafellande. Die hier auftretenden Formationen sind, wie schon bei Besprechung der nordamerikanischen Kohlenfelder hervorgehoben worden ist, die Kohlen- und die Devonformation. Das Devon spendet ausschließlich das Erdöl in so reichlicher Menge. Als das älteste devonische Schichtsystem stellt sich die Corniferous-Gruppe dar, die aus einem zelligen Kalkstein mit zahlreichen Korallenresten und Hornsteinen besteht. Auf diese folgt die Hamilton-Gruppe, zusammengesetzt aus grauen und schwärzlichen bituminösen Schiefern, und sodann die Chemung-Gruppe, die aus Schieferthonen, Schiefern, Sandsteinen und Konglomeraten gebildet wird. Die Chemung-Gruppe wird gewöhnlich von den schwarzen und braunen Schiefern des Subkarbons und dieses von der eigentlichen Steinkohlenformation mit Kohlenflözen überlagert. Die genannten Schichten fallen flach, fast horizontal ein.

Pennsylvanien gewinnt sein Öl aus der Chemung-Gruppe, Kanada aus den geologisch älteren Kalken der Corniferous-Gruppe. In den schwarzen Schiefern und Thonen der Chemung-Gruppe finden sich nämlich einzelne Schichten von Sandsteinen, Sanden und Konglomeraten in verschiedenen Niveaus eingeschaltet, die das Rohöl beherbergen. Gewöhnlich werden in den Ölschächten und Bohrlöchern drei Horizonte von Ölsand oder -Sandstein angetroffen, die als der erste, zweite und dritte Ölsand bezeichnet werden, jedoch nicht auf weite Strecken hin anhalten, sondern sich bald früher, bald später nach allen Richtungen hin auskeilen. Gewonnen wird das Rohöl durch Schachtabteufung oder häufiger durch Bohrungen, die in bedeutende Tiefen (1300—1700 Fuß) niedergebracht werden. Die Nähe der Ölsande pflegt sich in den Bohrlöchern zunächst durch lebhaften, oft stürmischen Austritt von Ölgasen zu verraten, die innerhalb der porösen Sandsteine und in deren Klüften in hochgespanntem Zustande angesammelt sind. Ihr Druck verursacht wohl auch nach Erreichung einer hinlänglich ölreichen Schicht das Überquellen des Öles über den Schachtkranz und die Bildung von Springquellen. Eine der berühmtesten Springquellen war der intermittierende Lady Hunter Well, 4 km von Petrolia City. Nach halbstündiger Ruhe ließ sich aus der Tiefe des Bohrloches Getöse vernehmen, dann stieg plötzlich ein großer, mächtiger Ölstrahl bis zu 3 m in die Höhe, in wenigen Minuten trat aber wieder Ruhe ein. In den ersten Tagen soll dieser Brunnen täglich 4770 hl Öl geliefert haben. In Fällen, wo der Druck zu gering ist, um ein Überquellen des Öles zu verursachen, muß das Öl mittels Pumpwerken zu Tage gefördert werden. Bemerkenswert, aber noch nicht genügend erklärt, ist der Umstand, daß das Öl so häufig von salzigem Wasser begleitet wird. Der Ölreichtum der einzelnen Brunnen wechselt sehr; eine ziemlich große Anzahl von Brunnen, die keinen Ölsand antrafen, sind unproduktiv, andere wieder überreich. Durchschnittlich dauert die Ergiebigkeit einzelner Brunnen nicht länger als 2—3 Jahre. Manche Bohrungen haben nur Ölgase geliefert, die in großen Mengen und merkwürdigerweise oft viele Jahre hindurch mit nahezu gleich bleibender Stärke herausströmen und zur Beleuchtung und Beheizung von Städten, als motorische Kraft oder bei metallurgischen Prozessen verwendet werden. Die räumliche Ausdehnung des pennsylvanischen Ölgebietes beträgt ungefähr 8064 qkm, wovon aber nur der zehnte Teil als wirklich ergiebig betrachtet werden darf. Man unterscheidet zwei Hauptölregionen: die obere, am Oil Creek gelegene mit den Hauptorten Titusville, Oil City, Petroleumcentre, Tideout, Pleasantville, und eine untere am Alleghany-Flusse mit den Hauptorten Petrolia und Lawrenceburg.

Unter ähnlichen geologischen Verhältnissen wie in Pennsylvanien tritt das Erdöl in Nord- und Süd-Ohio und in Westvirginien auf, wo es ebenfalls der Chemung-Gruppe angehört. Auch in den Unionsstaaten Kentucky und Tennessee kommt das Öl in schwarzen Schiefern der Devonformation vor. An wirtschaftlicher Bedeutung treten jedoch diese Gebiete weit hinter das pennsylvanische zurück.

Digitized by Google

Bietet uns Nordamerika Erdöl von hohem geologischen Alter, so bilden die Ölgebiete Kaukasiens Beispiele von jungen Ölvorkommnissen. Das westkaukasische Ölgebiet beginnt auf der Halbinsel Kertsch und setzt sich auf der Halbinsel Taman und dem Nordabhange des westlichen Kaukasus fort. Trotzdem, daß hier im Kuda Ko (Naphthathal) ein mächtiger Ölspringquell erbohrt wurde, der in 57 Tagen 82,452 Eimer Rohöl geliefert hat, vermochte dieses Gebiet, gedrückt von dem außerordentlichen Ölreichtum von Baku, noch nicht zu einer seiner Ausdehnung und Ölführung entsprechenden ökonomischen Bedeutung zu gelangen; ebensowenig wie die Petroleumgelände in der Umgebung von Tiflis, am Terekflusse, bei Wladikawkas und bei Derbent und Petrowsk am Kaspisee. Vor 10 Jahren wurde noch weiter östlich in der Turkmenensteppe ein Ölgebiet entdeckt, das aber trotz seines Reichtums infolge seiner ungünstigen Lage ebenfalls längere Zeit unbenutzt bleiben dürfte.



Eine Springquelle in Baku, Kaukasus.
(Nach Photographie.)

Das Ölgebiet von Baku auf der Halbinsel Apscheron am östlichen Ende des Kaukasus hat eine nur geringe Ausdehnung; es umfaßt in seinen beiden Revieren Balachane-Zapuntsche und Baibat einen Flächenraum von nur 8 qkm. Innerhalb dessen sind aber die flach gelagerten jungtertiären Schichten, die den Boden zusammensetzen, mit Erdöl wahrhaft überreich durchtränkt. Das Tertiär besteht hier aus zwei Abteilungen, einer oberen, die aus ölfreien, muschelreichen Kalken der Congerienstufe (vgl. oben, S. 399), und einer unteren, die aus Thonen, Sanden und schieferigen Sandsteinen zusammengesetzt ist und den Ölreichtum beherbergt. Wo immer man in dieser unteren Abteilung eine Bohrung anlegt, stößt man schon in geringer Tiefe (etwa 40—50 m) auf reichliche Mengen von Erdöl, die anfangs, während eines Zeitraumes von ungefähr acht Tagen, in mehr oder minder mächtigen Fontänen herausgeschleudert werden. Eine davon sprang über 40 m hoch; dabei wurde ein Druck von 12 Atmosphären mit dem Manometer ermittelt. Beim Springen einer Fontäne wird stets zuerst Sand ausgeworfen, dem erst das Öl nachfolgt. Die obenstehende, nach einer Photographie angefertigte Abbildung zeigt einen derartigen prächtigen Springquell in jenem Stadium, wo Sand mit Öl zugleich herausgeschleudert wird.

Von der Größe des Ölreichtums von Baku gibt die Thatsache einen Begriff, daß Brunnen, die weniger als 1000 Pud (= 163 Meterzentner) im Tage geben, als nicht produktiv angesehen werden. Im Gebiete Balachane-Zapuntsche befinden sich 500 Brunnen, von denen ungefähr die Hälfte produktiv ist. Die reichsten Ölmengen ergaben 10 Brunnen, die im Verlaufe von 2—3 Monaten je über 5 Millionen Pud (= 819,000 Meterzentner) Rohöl lieferten. Man kennt gegenwärtig kein zweites Ölgebiet, wo in einem so kleinen Raum eine solch riesige Menge Öl aufgespeichert wäre wie bei Baku. Nur in einer Hinsicht steht Baku den meisten anderen Ölgebieten weit nach, nämlich in der Qualität des Öles, das, überreich an schweren Kohlenwasserstoffen und Paraffin, verhältnismäßig wenig Leuchtöl (etwa 23 Prozent) und viel Destillationsrückstände ergibt, die in großen Mengen schwer verwertbar sind.

Digitized by Google

Im Gebiete von Baku sind an das Ölvorkommen interessante Begleiterscheinungen geknüpft. An mehreren Punkten gibt es Gasausströmungen, von denen die zu Surachany früher die „heiligen Feuer" speisten, zu denen ehemals große Scharen indischer Feueranbeter wallfahrteten. Gegenwärtig werden diese Gasausströmungen nach amerikanischem Muster zur Erheizung der Raffineriekessel und zur Beleuchtung von Fabrikanlagen benutzt. Eine andere merkwürdige Erscheinung bieten die Schlammvulkane oder Salsen, die namentlich bei Balachane auftreten: niedrige, kraterähnliche Schlammkegel, die von Zeit zu Zeit Schlamm und Gesteinsstücke, vermengt mit salzigem Wasser und Erdöl, unter Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgasen auswerfen. Man darf diese Erscheinung nicht mit der echt vulkanischen Thätigkeit der Erde in Zusammenhang bringen; die hohe Gasspannung der reichlich vorhandenen Kohlenwasserstoffe bewirkt bei weicher, schlammiger Beschaffenheit der Schichten, daß an gewissen Orten bald dauernd, bald nur zeitweilig Schlamm und Gesteine in der beschriebenen Weise ausgeworfen werden. Auch auf Kertsch und Taman begleiten Schlammvulkane die Kohlenwasserstoffführung der Tertiärschichten.

Unter ähnlichen Verhältnissen wie bei Baku tritt das Erdöl in der Walachei, am Südabhange der transsylvanischen Alpen in den Distrikten Dembowitza, Prahowa und Buzeu auf. Auch hier wird das Öl in den mürben Sandsteinen, Sanden und sandigen Schiefern der unteren Partie der Congerienschichten in so beträchtlicher Menge angetroffen, daß das rumänische Öl wirtschaftliche Bedeutung erlangt hat. In der Moldau wird namentlich im Bezirk Bacau Öl gewonnen, das teils aus dem älteren Tertiär, teils aus dem miocänen Salzthon stammt. Ein ferneres großes Ölgebiet sind die Karpathen von Galizien, Oberungarn und die Bukowina, mit denen die Moldau in direktem Zusammenhange steht. Die Karpathen bilden in dem hier in Betracht kommenden Teile ein aus einförmigen sandig-schieferig-thonigen Gesteinen der Kreide- und der älteren Tertiärformation, den Flysch-Gesteinen, zusammengesetztes Kettengebirge, das vorherrschend von Südosten nach Nordwesten streicht. Sowohl gewisse cretacische (Ropianka-Schichten) als alttertiäre Glieder (obere Hieroglyphenschichten, Menilitschiefer, Ciezkowicer Sandsteine) und die die Karpathen im Norden umsäumenden miocänen Salzthone enthalten an vielen Punkten Öl, jedoch in Mengen, die den amerikanischen, kaukasischen und selbst den rumänischen meistens weit nachstehen. Während bei Baku große Ölmengen auf einem kleinen Raum angehäuft sind, ist der karpathische Ölreichtum auf die große, weit ausgedehnte Fläche der ganzen Flyschzone der Karpathen verteilt. Die Zahl der Ölfundpunkte ist sehr groß, die Produktionsziffer bleibt dagegen weit hinter Kaukasien und Nordamerika zurück. Oligocäne Flyschschichten enthalten auch bei Tegernsee in Oberbayern unbedeutende Ölmengen (St. Quirinus-Öl); und miocäne Schichten (Schlier), die dem galizischen Salzthon entsprechen, liefern bei Wels in Oberösterreich große Mengen von Ölgasen, die ähnlich wie in Amerika industriell verwertet werden. Dem unteren und mittleren Oligocän gehören die kleinen Öl- und Asphaltlager von Pechelbronn, Schwabweiler und Lobsann im Unterelsaß an.

Tertiär sind ferner die Erdölvorkommnisse in den italienischen Provinzen Parma, Modena, Reggio und Chieti, die durch ihre Verbindung mit Schlammvulkanen, Kohlenwasserstoffausströmungen und Salzquellen Interesse erregen. In Braunschweig und Hannover sind Bohrungen auf Erdöl unternommen worden, die jedoch nur zum Teil ein günstiges Resultat ergeben haben. Ostasien besitzt im Pandschab, in Barma und in Japan ausgedehnte und teilweise auch seit langem ausgebeutete Ölfelder, Südamerika in den argentinischen Provinzen Jujuy und Mendoza. Auch Neuseeland ist durch ein bedeutendes Ölvorkommen ausgezeichnet.

Wie das Erdöl, so findet man den halbstarren Asphalt und das Bitumen überhaupt in allen Formationen vor. Bekannt ist das Vorkommen von Asphalt (Judenpech, Erdpech) am Toten Meere, wo er häufig auf der Oberfläche schwimmt. Auf der Insel Trinidad an der Küste

Digitized by Google

Südamerikas besteht ein in Tertiärschichten eingesenkter See von 2 km Durchmesser, der mit einer ziemlich festen Asphaltkruste überzogen ist. Von den europäischen Lagern sind am wichtigsten das im Val Travers bei Neufchâtel, wo der Asphalt den dichten Kalkstein des Urgonien (untere Kreide) durchzieht, ferner das von Lobsann im Unterelsaß, wo Asphaltkalk im unteren Oligocän eingelagert ist. Guten Asphaltkalk liefern die oberjurassischen Pteroceraskalke bei Limmer im Hannöverschen.

Viel seltener als Erdöl und Asphalt ist das Erdwachs (Ozokerit), ein dichter, wachsartiger, gelbbraun bis hyacinthrot gefärbter Körper, der aus ungefähr 84 Prozent Kohlenstoff und 16 Prozent Wasserstoff zusammengesetzt ist. Auch der Ozokerit ist ein Gemenge mehrerer Kohlenwasserstoffverbindungen (nach der Formel CH_2), die zwischen 56 und 82° schmelzen. Zuerst von Slanik in der Moldau bekannt geworden, findet er sich hauptsächlich in der miocänen Salzformation am Nordfuße der Karpathen, in Borysław und Dzwieniasz (Ostgalizien). Die Lokalität Borysław ist die einzige, wo Erdwachs in größeren Mengen gefördert wird; hier wurden auf einem Flächenraum von nur 150 Joch nicht weniger als 12,000 Schächte angelegt. Das Erdwachs bildet zum Teil regelmäßige Schichten, zum Teil erfüllt es die Klüfte im Gestein, in die es als weicher Körper durch den Gebirgsdruck eingepreßt wurde. Gegenwärtig hat die Produktion infolge des überstürzten, fieberhaften Raubbaues den Höhepunkt bereits überschritten.

Seiner Herkunft nach ist das Erdöl und die ihm verwandten Körper auf ehemalige organische Substanzen zurückzuführen. Wie es im Laboratorium gelingt, aus organischen Substanzen durch trockene Destillation leichte wie schwere Kohlenwasserstoffe zu erzeugen, so konnte auch die Natur im Verlaufe großer Zeiträume diesen Prozeß durchführen. Die zahlreichen bituminösen Schiefer, die man in allen Formationen vorfindet, wurden ehemals an einzelnen Orten zur fabrikmäßigen Darstellung von Steinöl und Paraffin ausgenutzt, wie die Liasschiefer in Schwaben und im Banat. Das Bitumen dieser Schiefer wurde von jeher mit den in diesen Schiefern enthaltenen Tierresten in ursächlichen Zusammenhang gebracht.

Die Lehre von der organischen Herkunft stellt sich jedoch nur in den allgemeinen Zügen klar dar. Manche Verhältnisse sind danach schwer zu erklären, so die massenhafte Anhäufung des Erdöls an bestimmten, räumlich begrenzten Orten, wie bei Baku, noch dazu in Schichten, die selbst keine Spuren ehemaligen organischen Lebens erkennen lassen. Man hat für diese Fälle angenommen, daß die Schichten, wo sich das Öl gegenwärtig vorfindet, nicht dieselben zu sein brauchen, in denen es sich ursprünglich gebildet habe. Man kann sich vorstellen, daß das Erdöl als leicht beweglicher Körper seine Lagerstätte innerhalb der geschichteten Erdrinde geändert habe, indem es von porösen Sanden und Sandsteinen aufgesogen wurde, die mit dem ursprünglichen Lager in Berührung standen und dann nur gewissermaßen Petroleumrezipienten vorstellen. Indessen räumt auch diese Vorstellung nicht alle Schwierigkeiten hinweg. Es ist daher begreiflich, wenn neben der Theorie von der organischen Herkunft des Petroleums die Emanationshypothese aufgestellt wurde, die den Ursprung des Erdöls aus großer Erdtiefe herleitet. Wäre diese Annahme richtig, dann müßte man das Petroleum zunächst längs der großen Bruchlinien und in vulkanischen Gebieten finden, was durchaus nicht der Fall ist, da man nur ganz vereinzelte unbedeutende Kohlenwasserstoff-Exhalationen auf vulkanischem Boden kennt. In neuerer Zeit hat die Spektralanalyse das Vorkommen von Kohlenwasserstoffen in verschiedenen Himmelskörpern nachgewiesen, und dies hat die Hypothese vom kosmischen Ursprung der Bitumina hervorgerufen. Aber auch diese Hypothese hat nur schwache Stützen.

Da man demnach an der organischen Entstehung der Kohlenwasserstoffe festhalten muß, so wäre noch die Frage zu erörtern, ob man pflanzliche oder tierische Organismen als ihre ursprünglichen Bildner zu betrachten habe. Verdankt das Erdöl seine Entstehung dem

Digitized by Google

Pflanzenreich, dann müssen wir es häufig in Begleitung von Kohlenflözen antreffen. Dies ist aber nur ausnahmsweise der Fall. Dagegen enthalten die Kohlenflöze häufig Einschlüsse wachs- oder harzartiger Natur. Man wird demnach für das Erdöl, den Asphalt und das in sedimentären Schichten so verbreitete Bitumen überhaupt zunächst an tierische Herkunft zu denken haben; für das Erdwachs dagegen, das mit der wachshaltigen Braunkohle, dem Pyropissit, nahe verwandt ist, hat die Annahme vegetabilen Ursprungs einige Wahrscheinlichkeit.

Das Erdöl kann so, wie es aus der Erde gewonnen wird, als schmutzig braunes oder grünliches Rohöl, noch nicht seiner Verwendung zugeführt werden. Das Rohöl ist reich an Gasen, führt noch die bei geringer Temperatur entzündlichen Kohlenwasserstoffe und ist daher feuergefährlich. Um diese zu entfernen, den unangenehmen Geruch zu beseitigen und die schweren Verbindungen, wie Paraffin, Teer 2c., vom eigentlichen Brennöl zu trennen, unterzieht man das Rohöl einer mehrfach unterbrochenen (fraktionierten) Destillation, die fast gleichzeitig von Lukasiewicz in Galizien und von Silliman in Amerika angewendet worden ist. Die Destillation wird in eisernen Kesseln vorgenommen, die mit schlangenförmig gewundenen Kühlrohren verbunden sind, und führt zur Bildung von vier Gruppen von Destillationsprodukten. Zuerst verlassen die Destillationsblase jene leicht entzündlichen und flüchtigen Verbindungen, die man als Essenzen zusammenzufassen pflegt: hauptsächlich das Keroselen (auch Petroleumäther, Ligroin, Gazolin genannt) und das Benzin. Das Keroselen hat das spezifische Gewicht von 0,65—0,7 und siedet bei 40°, während das Benzin erst zwischen 100 und 200° siedet und ein spezifisches Gewicht von 0,7—0,74 besitzt. Beide verdunsten in der freien Luft rasch und zeichnen sich dadurch aus, daß sie Fette, Öle und dergleichen schnell lösen und ausziehen; daher die Verwendung des Benzins als Fleckwasser. Die zweite Gruppe von Destillationsprodukten bilden die eigentlichen Brennöle: Photogen, Kerosin, raffiniertes Petroleum. Auch dies ist noch ein Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffverbindungen, deren spezifisches Gewicht zwischen 0,76 und 0,86, deren Siedepunkt zwischen 200 und 300° schwankt. Die dritte Gruppe von Destillationsprodukten bilden die Solar- und Schmieröle mit dem spezifischen Gewicht von 0,8—0,93. Bei der weiteren Fortsetzung des Destillationsprozesses erhält man zunächst sehr paraffinreiches Öl und endlich das weiße, flockige Paraffin in fester Form. Der asphalt- oder teerartige Rückstand wird häufig selbständiger fabrikmäßiger Behandlung unterzogen, deren letztes Endprodukt Koks bildet. Dies ist der Gang des Destillationsprozesses. Die dabei ausfallenden Produkte sind jedoch noch zahlreicher als die hier genannten und ermöglichen die Herstellung zahlreicher verwandter Fabrikate. Das Brennöl wird nach Beendigung der Destillation mit Schwefelsäure gemischt, um noch vorhandene fremde, mineralische Beimengungen zu zerstören, und schließlich im Sonnenlicht gebleicht. Nur solches Petroleum, das, auf 40° C. erhitzt, keine brennbaren Dämpfe ausstößt, kann als Brennöl ohne Gefahr verwendet werden. In Frankreich und Italien wird Öl durch Destillierung bituminöser Schiefer gewonnen.

Das Erdwachs liefert bei der Destillation hauptsächlich Paraffin und das dem Bienenwachs ähnliche und es ersetzende Ceresin, in viel geringerer Menge mineralische Öle, wie sie auch bei der Destillation von Erdöl gewonnen werden. Der Asphalt wird, so wie Teer, zum Kalfatern der Schiffe, zu Dachpappe, zu Firnissen und Kitten verwendet. Gemengt mit Kalksteinpulver, dient der Asphalt oder Asphaltkalkstein zur Pflasterung.

Welch hohe Bedeutung die Kohlenwasserstoffe für den Menschen besitzen, ergibt sich am deutlichsten aus der Höhe und dem raschen Anwachsen der Produktion. Die höchsten Ziffern unter allen Ölgebieten weisen Pennsylvanien und New York auf. Die Erzeugung begann im Jahre 1859 am Oil Creek in Pennsylvanien mit 2000 Barrels (zu 42 Gallonen), stieg schon im nächstfolgenden Jahre auf 200,000 Barrels und im folgenden Jahre (1861) auf 2,110,000

Digitized by Google

Barrels. Von da an stieg sie allmählich, bis im Jahre 1876 die Summe von 9,015,000 Barrels erreicht war. Seit 1876 nahm die Produktion fortdauernd so stark zu, daß im Jahre 1882 bereits 30,460,000 Barrels gewonnen wurden. Die Gesamtsumme des in den Staaten Pennsylvanien und New York von 1859—82 geförderten Öles betrug 216,083,000 Barrels. Seit 1882 aber macht sich in Pennsylvanien eine stetige, wenn auch langsame Abnahme der Erzeugung geltend: nach J. F. Carll hat die Produktion des Jahres 1884 nur die Ziffer von 23,744,924 Barrels erreicht. Nordamerika insgesamt lieferte 1891: 54,291,980, 1892: 50,509,136 Barrels, und 1893 erfolgte eine weitere Abnahme der Produktion. In Kalifornien wurden im Jahre 1882: 70,000 Barrels Öl produziert. Den Wert des in Nordamerika gewonnenen *natürlichen Gases* (vgl. S. 581) schätzte man 1884 auf 29, 1886 auf 40 Millionen Mark; 1891 aber wurde hier natürliches Gas im Werte von 310 Millionen und 1892 solches für 296 Millionen Mark gewonnen. In allen kultivierten Gegenden der Erde wurde in den letzten 35 Jahren amerikanisches Öl verbraucht, und enorme Reichtümer flossen dafür nach Pennsylvanien, das, von der Natur mit Petroleum und Kohle überreich bedacht, einen ungeahnten Aufschwung nahm. Grund und Boden stieg ungeheuer im Wert, und volkreiche Städte schossen über Nacht aus dem ölgetränkten Boden. An der Stelle, wo im Mai 1865 zwei Häuser standen, gab es im August desselben Jahres eine Stadt, Pithole City, von 14,000 Einwohnern, und ein ähnliches Anwachsen der Bevölkerung erlebten auch viele andere Gegenden.

Im Gebiete von **Baku** hat die Ölproduktion ein höheres Alter. Schon im Jahre 1832 wurden 150,000 Pud = 2457 Meterzentner gewonnen, und alljährlich war ein stetiges Steigen der Produktion zu verzeichnen, die im Jahre 1872, als die ersten Bohrlöcher angelegt wurden, 1,535,981 Pud = 251,594 Meterzentner betrug. Im Jahre 1876 wurden 11 Mill. Pud = 1,801,800 Meterzentner, im Jahre 1881: 30 Mill. Pud = 4,914,000 Meterzentner und im Jahre 1883 zwischen 55 und 65 Mill. Pud = 9,009,000—9,172,800 Meterzentner gewonnen. Während der ersten 9 Monate des Jahres 1891 lieferte Apscheron 213,056,000, während derselben Frist im darauffolgenden Jahre 213,560,157 Pud. Die stete Steigerung der Ölproduktion von Baku macht die langsame Abnahme der nordamerikanischen vollkommen wett. Der größte Teil des kaukasischen Öles wird in Rußland selbst verbraucht; in neuerer Zeit faßt das kaukasische Öl jedoch auch in Mitteleuropa festen Fuß.

Gegen die enormen Ölmengen, die von Pennsylvanien und von Kaukasien produziert werden, verschwinden die *anderer* Gegenden fast ganz. So betrug die Produktion Galiziens im Jahre 1883: 185,852, im Jahre 1892 auch nur 860,447 metrische Zentner (zu 100 kg). Von den Gebieten, die außer den Vereinigten Staaten und Rußland noch Rohöl liefern (Kanada, Holländisch-Indien, Galizien, Rumänien, Peru, Argentinien und Ecuador), werden wohl noch manche zu großer wirtschaftlicher Bedeutung gelangen. Die Erdwachsproduktion von Borysław und den benachbarten Lokalitäten betrug im Jahre 1883: 118,500 Meterzentner Öl.

---

12. Die metallischen Minerale.

Inhalt: Spezifisches Gewicht der Metalle und ihr Vorkommen. Urheimat der schweren Metalle. Erzlagerstätten. — Gold. — Platin. — Silber. — Quecksilber. — Kupfer. — Blei. — Zink. — Zinn. — Nickel und Kobalt. — Eisen. — Mangan, Chrom, Uran, Antimon, Arsen, Wismut, Wolfram.

Eine weitaus größere Mannigfaltigkeit als die brennbaren Mineralstoffe bieten sowohl nach ihrem Vorkommen als nach ihrer chemischen Natur die *metallischen Minerale* dar. Nur wenige Metalle, die gegen die Einwirkung chemischer Kräfte besonders widerstandsfähig sind,

Digitized by Google

liefert uns die Natur in chemisch reiner, gediegener Form, wie das Gold und das Platin; die meisten erscheinen in Verbindung mit fremden Stoffen, wie Sauerstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Antimon, Arsen, Chlor und anderen. Man nennt diese Verbindungen Erze und gewinnt daraus die reinen Metalle durch verschiedenartige Schmelz- und Läuterungsprozesse.

Zu den Metallen gehören manche der seltensten und kostbarsten Stoffe der Erde, die sich in der dem Menschen zugänglichen Erdkruste nur so spärlich vorfinden, daß sich der Bedarf in engen Grenzen zu bewegen gezwungen ist; so das Gold, das Platin, selbst das Silber und Quecksilber. Andere Metalle dagegen sind in einer Menge angehäuft, die den thatsächlichen Bedarf des Menschen weit übersteigt, wie das wichtige Eisen. Die verschiedene Häufigkeit der Metalle ist keine zufällige Erscheinung: die seltensten Metalle sind zugleich die spezifisch schwersten, die häufigeren die spezifisch leichteren. Die Reihe der Metalle, angeordnet nach dem Eigengewicht, gibt gleichzeitig ein ungefähres Bild des Häufigkeitsverhältnisses. Das Iridium mit dem spezifischen Gewicht 22,23, Platin mit 21,5, Gold mit 19,253 bilden die erste Gruppe der schwersten und seltensten Metalle; Gold, das leichteste unter ihnen, ist auch das verhältnismäßig häufigste. Die zweite Gruppe von Metallen besteht aus dem seltenen Thallium mit 11,9, Palladium mit 11,8, dem häufigen Blei mit dem spezifischen Gewicht 11,352, Silber mit 10,474, Wismut mit 9,822, Kupfer mit 8,8, Nickel mit 8,276, Eisen mit 7,84 ꝛc. Zwischen dieser zweiten Reihe und der Gruppe der schwersten Metalle besteht eine Lücke, in die sich nur das fremdartige Quecksilber mit dem Eigengewicht 13,596 einstellt.

Dieses Verhältnis gilt indessen nur für die Erdoberfläche. Im Inneren der Erde herrschen andere Bedingungen; hier müssen viel mehr schwere Massen angehäuft sein. Die Physiker haben ermittelt, daß das Eigengewicht der Erde ungefähr 5,56 beträgt, während das der Felsarten, die die Erdkruste zusammensetzen, ungefähr zwischen 2,5 und 3 schwankt, wobei zu bemerken ist, daß darunter die vulkanischen Gesteine die höchsten Gewichtsziffern aufweisen. Die Differenz zwischen dem Eigengewicht der Erdkruste und der Erde als Ganzes kann nur durch die Annahme einer Anhäufung von Metallen im glühenden Erdinneren erklärt werden. Aus verschiedenen Gründen kann man es als wahrscheinlich betrachten, daß unter diesen Metallen das Eisen vorwiegt, während der innerste Kern der Erde die eigentliche Urheimat und Vereinigungsstätte der schwersten, auf der Oberfläche seltensten Metalle bilden dürfte. Diese wären dem Blicke des Menschen vielleicht für immer entrückt, wenn nicht vulkanische Eruptionen und Emanationen oder heiße Quellen deutliche Spuren der im Inneren angehäuften Schätze auf die Oberfläche gebracht und dem Menschen erreichbar gemacht hätten. Bei vielen wichtigen Lagerstätten ist der vulkanische Ursprung der edlen Metalle (vgl. z. B. unten, S. 591) klar und unbezweifelbar. Es gibt aber auch Anhäufungen von Metallen, die ebenso sicher als Absätze aus wässeriger Lösung betrachtet werden müssen; in diesen Fällen hat aber das Wasser nur die vermittelnde Rolle gespielt, es hat nur abgelagert, was es an anderen Orten aus Gesteinen in Lösung gebracht hat.

Die Gesteine, die sich in erster Linie durch Metallführung auszeichnen, sind die vulkanischen Gesteine, ferner der Granit und seine Verwandten und die kristallinischen Schiefer. Fr. Sandberger hat bewiesen, daß im Glimmer, Augit, Olivin und in der Hornblende dieser Gesteine kleine Mengen von Kupfer, Blei, Kobalt, Nickel, Wismut, Silber, Arsen, Eisen, Antimon und Zinn enthalten sind, und Marx hat in jungvulkanischen Andesiten Zink gefunden. Alle diese Metalle können durch Verwitterung und andere Umwandlungsprozesse in lösliche Verbindungen übergeführt und vom Wasser aufgenommen werden. Einmal drin in dem Laufe der großen, tausendfach verzweigten Wasserströmung, die die Oberfläche der Erde umkreist und ihre Kruste durchsetzt, können sie an einzelnen Orten abgelagert werden, die eine fortwährende Anreicherung mit den betreffenden Metallen erfahren und sich später als Erzlagerstätten darstellen.

Digitized by Google

Schon aus diesen wenigen Bemerkungen geht hervor, daß die Vorgänge, unter denen sich Erze und Erzlagerstätten gebildet haben, mannigfaltig und verwickelt waren. Die Entstehungsweise der Erzlagerstätten ist ebenso verschiedenartig wie ihre mineralogische Zusammensetzung, ihr geologischer Bau, ihr geologisches Alter. Ein und dasselbe Metall kann in mehreren mineralogischen Formen als Erz auftreten und auf Lagerstätten von ganz abweichender Struktur und Entstehung vorkommen, während anderseits auf derselben Lagerstätte mehrere Erze und Metalle vergesellschaftet sein können. Die Erzlager gewähren daher kein so einheitliches Bild wie etwa die Kohlen- und Salzlager, sondern die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen ist so groß, daß es sogar schwer fällt, zu einer übersichtlichen Klassifikation der Erzlager zu gelangen.

Die einfachste Form repräsentieren die sedimentären Lagerstätten. Wie Kalkstein, Sandstein oder andere sedimentäre Gesteine in regelmäßigen Schichten abgesetzt erscheinen, so können auch gewisse Erze in Form von Schichten oder Flözen auftreten, die man als „Bodensatzbildungen" zu betrachten hat. In Bezug auf Zahl, Mächtigkeit und horizontale Ausdehnung sind die Erzflöze ähnlichen Schwankungen unterworfen wie die Kohlenflöze; doch ist ihre Mächtigkeit und Ausdehnung meist geringer. Als Bestandteile des geschichteten Gebirges unterliegen die Erzflöze denselben Faltungen und Verwerfungen wie das begleitende Gestein. Wenn sich mit großer Mächtigkeit eine geringe Ausdehnung in der Fläche verbindet, spricht man nicht mehr von Flözen, sondern von Lagern und Lagerstöcken. Ist die sedimentäre Erzbildung nicht ausgedehnt, sondern nur auf einzelne Partien beschränkt, so entstehen „Erznieren und -Nester".

Wenn man in einem vulkanischen Gestein Erze in einer solchen Weise eingeschlossen findet, daß man eine gleichzeitige Bildung beider, des Erzes und des Gesteines, annehmen muß, so spricht man von eruptiven oder massigen Lagerstätten. Das Erz durchsetzt in solchen Fällen entweder mehr oder minder gleichmäßig das ganze Gestein, oder es erscheint da und dort in kleineren Nestern und Stöcken angehäuft.

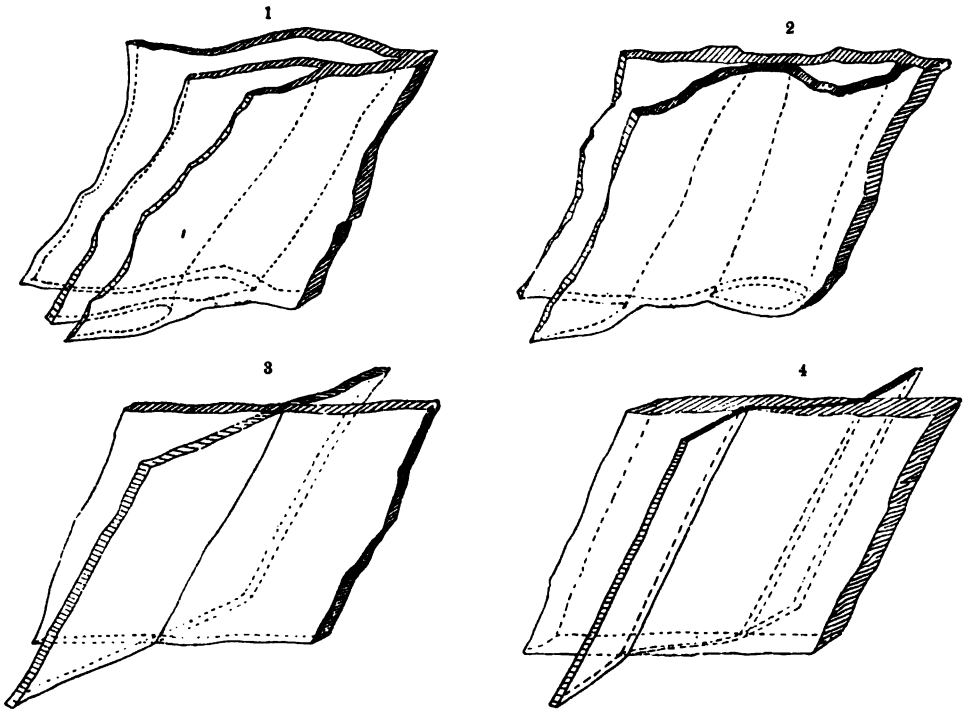
Der größten Mannigfaltigkeit begegnet man bei der dritten Gruppe, den Hohlraumausfüllungen, innerhalb deren man Spaltenfüllungen oder Gänge und Höhlenfüllungen unterscheidet. Die Spaltenfüllungen oder Gänge nehmen sowohl in wissenschaftlicher als ökonomischer Hinsicht die hervorragendere Stellung ein.

Alle Gebirge sedimentärer wie vulkanischer Entstehung werden von geradlinigen Klüften durchzogen, deren Entstehung meist den Spannungsdifferenzen infolge der Gebirgs- und Faltenbildung, doch auch dem Austrocknen sedimentärer Gesteine und dem Abkühlen vulkanischer Gesteine zuzuschreiben ist. Derartige Spalten bleiben zuweilen leer oder werden nur mit sandig-thonigem, oberflächlich eingeschwemmtem Material oder mit dem Zerreibsel der Nachbargesteine ausgefüllt; häufig aber sind sie von vulkanischem Magma durchdrungen oder erhalten eine auf verschiedenem Wege zu stande kommende Mineral- und Erzfüllung. Diese letztgenannten Gänge heißen Erzgänge, werden vom Menschen ihres wertvollen Inhalts wegen eifrig aufgesucht und bis in große Tiefen verfolgt. Sie sind stets jünger als das Gestein, in dem sie „aufsetzen", und haben ihr eigenes Streichen und Fallen, das in verschiedenartiger Weise das Streichen und Fallen der Schichten verquert. Fast nie erscheinen Gänge vereinzelt, sondern treten meist in größerer Zahl auf und sind dann bald einander ungefähr parallel oder strahlig, selbst netzartig angeordnet. Die Mächtigkeit der Gänge schwankt, ebenso ihre Ausdehnung in die Tiefe. Von den papierdünnen „Blättern" und den kleinen, „Trümmer" genannten Gängen bis zu den Hauptgängen, die mehrere Meter mächtig sind, finden sich alle Übergänge. Einzelne verschwinden in geringer Tiefe, andere hat man bis in die Tiefe von 1000 m verfolgt (Adalbertischacht bei Przibram); und diese setzen in noch größere Tiefen, die „ewige Teufe" nach dem poetischen Bergmannsausdruck, fort. Ebenso wandelbar ist die Längenausdehnung der Gänge. Während der Spitaler Gang in Schemnitz die

Digitized by Google

Länge einer deutschen Meile und der Muttergang in Kalifornien gar die Länge von 90 englischen Meilen hat, können wieder andere nur auf eine geringe Zahl von Metern verfolgt werden.

Die Spaltennatur der Gänge erhellt recht deutlich aus der Art des Auskeilens, die zuweilen unter Zertrümmerung oder Zerschlagung des Ganges erfolgt. Der Gang zerfällt oder teilt sich in mehrere kleine Gänge oder Trümmer, die noch eine Strecke weit, meist mit etwas abweichendem Streichen, fortziehen und endlich ganz verschwinden (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1). Das Zerschlagen der Gänge tritt namentlich beim Übersetzen von einer Gesteinsart in eine andere ein. Verschiedenfältige Komplikationen ergeben sich beim Zusammentreffen der Gänge. Wenn zwei



Verschiedene Arten von Erzgängen: 1) Zertrümmerung, 2) Scharung und Schleppung, 3) Gangkreuz, 4) Ablenkung. (Nach v. Grodbeck.)

Gänge unter spitzem Winkel zusammenkommen und dann gemeinschaftlich fortstreichen, so spricht man von einer Scharung der Gänge (Fig. 2). Wenn sich zwei Gänge durchkreuzen oder durchsetzen, ohne einander in ihrem Verlaufe weiter zu beeinflussen, so entsteht ein Gangkreuz (Fig. 3). Kommt ein Gang an einen anderen Gang oder eine Kluft heran, so tritt häufig eine derartige Ab- oder Auslenkung des ersten Ganges ein, daß er den zweiten eine Zeitlang begleitet und dann erst selbständig durchbricht. Der abgelenkte oder geschleppte Gang erscheint dann stets als der jüngere, der Ablenker als der ältere (Fig. 4). Ist das gangführende Gestein von Verwerfungen durchsetzt, so können auch die Gänge selbst davon betroffen sein.

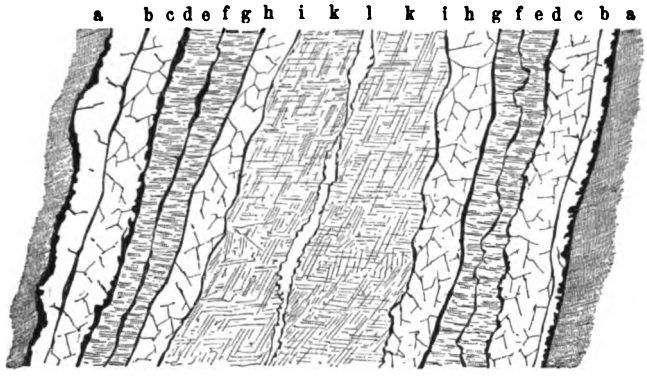
Die Ausfüllung der Gangspalten ist in manchen Fällen, namentlich bei den einfachen Gängen, streng symmetrisch. Die beiden Wände der Spalte sind mit parallelen, einander beiderseits entsprechenden Krusten von Mineralen belegt, die in der Mitte der Spalte unter Freilassen eines schmalen Drusenraumes zusammenstoßen (s. Abbildung, S. 590). Die an die Wand der Spalte angelegten Krusten sind die zuerst abgesetzten, die die Mitte ausfüllenden dagegen die jüngsten. In vielen Fällen eröffnet Quarz für sich oder gemengt mit geschwefelten

Digitized by Google

Erzen die Krustenbildung. Sodann erscheint eine Lage, in der geschwefelte Erze vorherrschen, und den Beschluß bilden häufig Füllungen von Kalk- und Schwerspaten. Ist die Symmetrie der Füllung in einem sonst regelmäßig gebauten Gange gestört, so erklärt sich dies meist aus nochmaligem Aufreißen der Spalte, verbunden mit neuerlicher Füllung.

Verwickelter ist der Bau der zusammengesetzten Gänge. Diese bestehen aus einem vorherrschenden Ganggestein, in dem zahlreiche kleinere, mit Mineralen erfüllte Gänge und Trümmer in mehr oder minder unregelmäßiger Verteilung „aufsetzen". Das Ganggestein ist entweder unverändertes Nebengestein oder aus diesem durch chemische Umwandlung oder mechanische Zertrümmerung hervorgegangen.

Auffallende Veränderungen erleidet die Beschaffenheit der Gänge in der Oberflächenzone, weil diese den nachhaltigen Einwirkungen der Atmosphärile ausgesetzt ist. Namentlich der Spateisenstein und die eisenhaltigen Kiese werden davon betroffen und in poröse Braun- und Roteisenstein umgewandelt; daher hat diese Zersetzung den charakteristischen Namen „eiserner Hut" erhalten. Kieslager und Lagergänge weisen diese Erscheinung in besonders ausgeprägter Weise auf; aber auch bei reichen Blei-, Silber-, Kupfer- und Goldgängen, in denen die reichen Erze mit eisenhaltigen Kiesen zusammen vorkommen, fehlt sie nicht. Mit den Braun- und Roteisenerzen des eisernen Hutes treten dann Weißbleierz, Vitriole, gediegenes Silber, Kupfer, Chlorsilber, Kupferkarbonate 2c. auf. In Bolivia und Chile sind die geschwefelten Silbererze der Tiefe in der Oberflächenzone in oxydische Erze umgewandelt.



Lagenförmige, symmetrische Anordnung der Gangfüllung im Drei-Prinzen-Spatgang bei Freiberg: a) Blende, b) Quarz, c) Flußspat, d) Blende, e) Schwerspat, f) Pyrit, g) Schwerspat, h) Flußspat, i) Pyrit, k) Kalkspat, l) leerer Raum, in dem die Kristalle druſenförmig ausgebildet sind. (Nach v. Weißenbach.) Vgl. Text, S. 589.

Die Frage nach der Entstehung der Gangfüllungen gehört zu den schwierigsten der Geologie. Wo die Gänge mit regelmäßigen Mineralkrusten erfüllt sind, da wurden die Gangarten und Erze unzweifelhaft aus wässeriger Lösung abgesetzt. Die Mineralsubstanzen mögen dann wohl in manchen Fällen durch Auslaugung des Nebengesteins gewonnen worden sein, wie es die Lateralsekretionstheorie fordert. In anderen Fällen verdanken die Ausfüllungsmassen der Gänge ihre Entstehung den größeren Tiefen des Erdinneren, aus dem sie durch heiße Quellen oder als Sublimationsprodukte heißer Eruptivmassen zur Oberfläche gebracht wurden. Lagerstätten, die als unregelmäßige Höhlenfüllungen anzusprechen sind, kennt man nur im Kalk- und Dolomitgebirge, da nur in diesem die Möglichkeit für die Bildung unregelmäßiger Höhlungen gegeben ist. Nur im Kalkgebirge können bestehende Spalten durch die lösende und auswaschende Thätigkeit des Wassers zu unregelmäßigen Höhlungen ausgeweitet werden. Wenn solche Höhlungen durch die Gunst besonderer glücklicher Umstände, z. B. aufsteigende heiße Quellen, eine Mineralfüllung erhalten, so setzen sich die Mineralmassen lagenförmig ab, erfüllen mehr oder minder die vorhandenen Räume, dringen aber auch häufig in die Wandungen ein, deren Substanz auf dem Wege der Pseudomorphose teilweise ersetzend. Dadurch kann zuweilen auch das Nebengestein so veredelt werden, daß es als Erz gewonnen werden kann. Auf diese Weise

Digitized by Google

Digitized by Google

ERZSTUFEN.

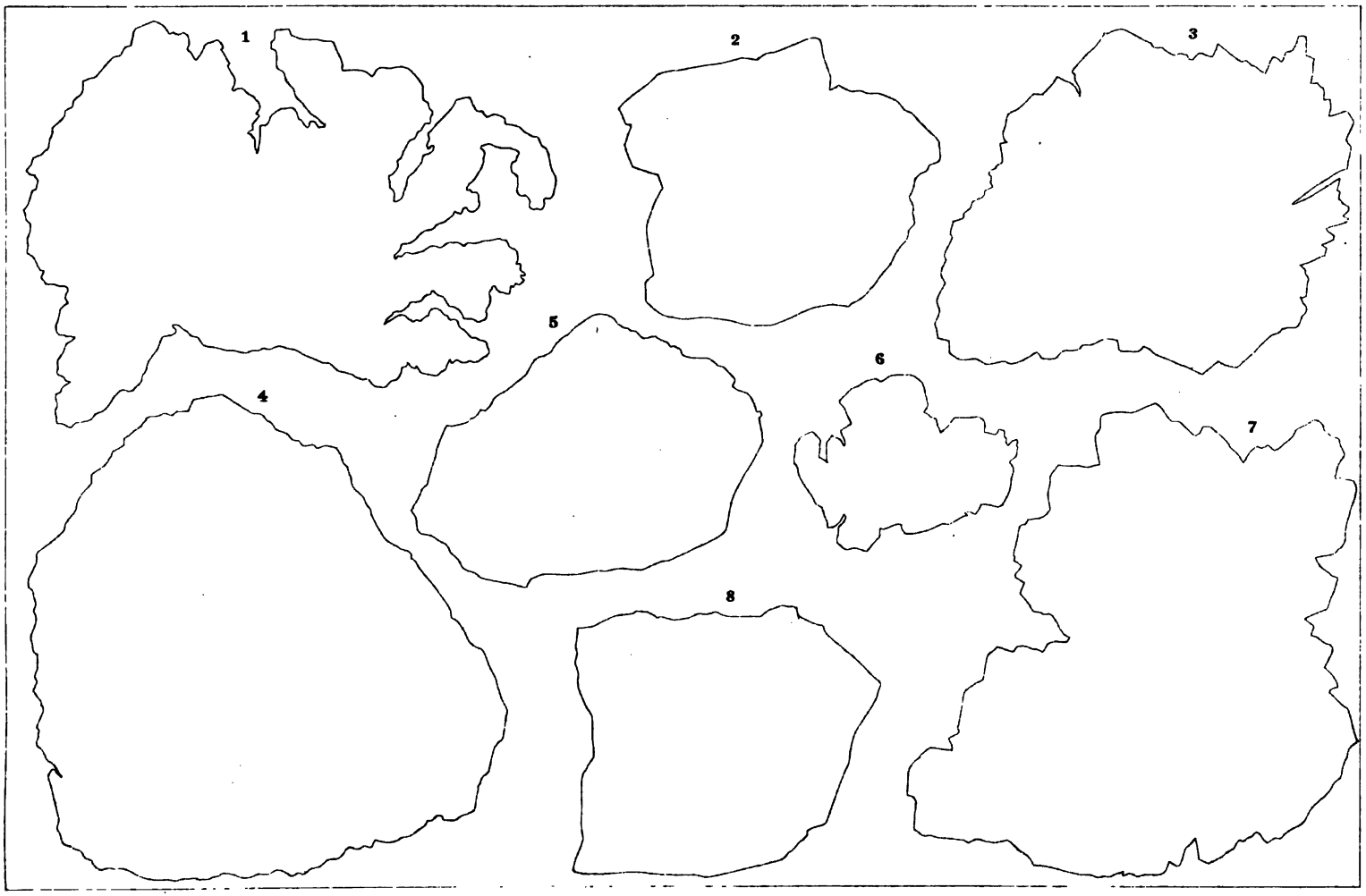
(Nach der Natur von Theodor Alphons.)

UNIV. OF MICH.

Digitized by Google

Digitized by Google

Zur Tafel: »*Erzstufen*«.



Digitized by Google

Erklärung zur Tafel ‚Erzstufen'.

Fig. 1. **Gediegen Silber.** Aus Würfeln aufgebauter Kristallstock von Kongsberg in Schweden.

Fig. 2. **Zinnstein.** Zwillingskristalle (Visiergraupen), auf Quarzkristallen aufgewachsen, von Schlaggenwald in Böhmen.

Fig. 3. **Hämatit.** Tafelförmige Kristalle, sogenannte Eisenrosen, mit aufsitzendem Feldspat, vom St. Gotthard in der Schweiz.

Fig. 4. **Zinkblende.** Zwillingskristalle, auf Quarz aufsitzend, von Kapnik in Ungarn.

Fig. 5. **Zinnober.** Druse von Rhomboëdern auf Sandstein, von Almadén in Spanien.

Fig. 6. Gediegen **Gold.** Kristallstock, aufgebaut aus Würfeln in Kombination mit dem Oktaëder. Von Vöröspátak in Siebenbürgen.

Fig. 7. Gediegen **Kupfer.** Ästiger Stock von Zwillingskristallen, vom Obern See in Nordamerika.

Fig. 8. **Bleiglanz.** Einzelkristall mit vorwiegender Entwickelung des Oktaëders, mit Kalkspat auf Eisenspat aufgewachsen, von Mitloch im Bergischen.

Die Originale hierzu befinden sich im Naturhistorischen Hofmuseum in Wien.

Digitized by Google

Erklärung zur Tafel „Erzstufen".

Fig. 1. Gediegen **Silber.** Aus Würfeln aufgebauter Kristallstock von Kongsberg in Schweden.

Fig. 2. **Zinnstein.** Zwillingskristalle (Visiergraupen), auf Quarzkristallen aufgewachsen, von Schlaggenwald in Böhmen.

Fig. 3. **Hämatit.** Tafelförmige Kristalle, sogenannte Eisenrosen, mit aufsitzendem Feldspat, vom St. Gotthard in der Schweiz.

Fig. 4. **Zinkblende.** Zwillingskristalle, auf Quarz aufsitzend, von Kapnik in Ungarn.

Fig. 5. **Zinnober.** Druse von Rhomboëdern auf Sandstein, von Almadén in Spanien.

Fig. 6. Gediegen **Gold.** Kristallstock, aufgebaut aus Würfeln in Kombination mit Oktaëder. Von Vöröspátak in Siebenbürgen.

Fig. 7. Gediegen **Kupfer.** Ästiger Stock von Zwillingskristallen, vom Oberen See in Nordamerika.

Fig. 8. **Bleiglanz.** Einzelkristall mit vorwiegender Entwickelung des Oktaëders, Kalkspat auf Eisenspat aufgewachsen, von Mitloch im Bergischen.

Die Originale hierzu befinden sich im Naturhistorischen Hofmuseum in Wien.

Digitized by Google

entstehen Lagerstätten von unregelmäßiger, nester-, stock-, butzen- oder taschen-, selbst schlotartiger Form; eine durchaus scharfe Grenze gegen die Gangfüllungen ist aber nicht vorhanden.

Als vierte Gruppe der Erzlagerstätten haben wir, wenn wir der trefflichen Einteilung von A. v. Groddeck folgen, die Kontaktlagerstätten anzuführen. Wo Sedimentärgesteine von eruptiven durchbrochen werden, verlieren sie an der Grenze gegen das vulkanische Magma unter dessen Einwirkung häufig ihre normale Beschaffenheit: dichter Kalk wird z. B. oft in Marmor umgewandelt. Je weiter man sich von der Kontaktfläche entfernt, desto geringer ist die Veränderung, bis das veränderte Gestein allmählich wieder die Beschaffenheit des normalen annimmt. Wenn das vulkanische Magma mit Mineralstoffen und Metallen angereichert war, konnten diese an der Grenze aufgespeichert und durch Pseudomorphose an das veränderte Nebengestein abgegeben werden. Die auf diese Weise entstehenden Kontaktlagerstätten, wie die von Christiania, die des Banats 2c., haben zumeist eine unregelmäßige Stockform.

Die letzte Gruppe endlich bilden die Trümmerlagerstätten, die durch mechanische und teilweise auch chemische Zerstörung ursprünglicher Lagerstätten entstanden sind. Das zerkleinerte Material wurde durch das Wasser der Flüsse fortgeführt und in den Anschwemmungen wieder abgelagert. Namentlich die chemisch schwer veränderlichen edlen Metalle, wie Gold und Platin, aber auch Zinn und Magneteisen, erhalten sich in derartig oberflächlichen, geologisch jungen Schwemmbildungen, die mit einem Kunstausdruck Seifen heißen. Sie haben den Menschen zuerst auf die Spur der Metalle geführt und zu deren Entdeckung wesentlich beigetragen.

Die Besprechung der einzelnen Metalle beginnen wir mit dem edelsten, dem Gold. Das Gold erscheint bald kristallisiert in kleinen Würfelchen, deren Ecken durch die Oktaëderflächen abgestumpft sind (s. die beigeheftete Tafel „Erzstufen", Fig. 6), bald nimmt es dendritisch-gestrickte, moosähnliche oder plattige Formen an. Seine speisgelbe oder messinggelbe Färbung hat Ähnlichkeit mit der des Pyrits oder Eisenkieses, was Unkundige veranlaßt, dieses gemeine Mineral für Gold zu halten. Das Gold läßt sich indessen durch sein hohes spezifisches Gewicht, seine Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit, durch gelben Strich und geringere Härte (2,5—3) leicht vom Eisenkies unterscheiden. Dem Gold ist nicht selten eine kleine Menge Silber, zuweilen auch Kupfer, Eisen 2c. beigesellt, wodurch das spezifische Gewicht von der Ziffer des chemisch reinen Goldes 19,253 bis auf 15, ja selbst 12,66 herabgedrückt werden kann.

Unter den Lagerstätten des Goldes lassen sich vier Gruppen unterscheiden. Die erste gehört zu den massigen Lagerstätten. Das Gold ist in feinen Partien einem kristallinischen Gestein regellos eingelagert, wie dem Granit an einzelnen Punkten Brasiliens und der südamerikanischen Westküste, oder dem Serpentin, einem Umwandlungsprodukt von Olivinfels, in Nijni Tagilsk. Die zweite Abteilung bilden Gänge, die in vulkanischen Gesteinen aufsetzen oder mindestens von vulkanischen Gesteinen begleitet werden. In solchen Gängen hat das Gold stets Silber im Gefolge und steht bald mit dem jungvulkanischen Propylit oder Grünsteintrachyt (bei einigen Goldgängen von Queensland, Neuseeland, beim großen Comstockgang in Nevada und in Schemnitz in Oberungarn), bald mit älteren, hornblendehaltigen Gesteinen in Verbindung, wie bei vielen Goldgängen der Kolonie Victoria. Innerhalb dieser Gänge ist das Gold keineswegs gleichmäßig verteilt, sondern einzelne, ungefähr linsenförmige Massen, die längs bestimmter Linien in die Tiefe ziehen, erweisen sich als ganz besonders goldreich. Man nennt sie in Nevada „Bonanzas", in Schemnitz „edle Säulen" und glaubt darin direkt die Andeutung der ehemaligen Exhalationsschlote erblicken zu dürfen.

Eine dritte Gruppe von Goldlagerstätten zählt ebenfalls zu den Gängen. Das sind die Quarzgänge, die ohne Verbindung mit vulkanischen Gesteinen im Schiefergebirge, besonders an der Grenze von Schiefer und Granit und im Granit selbst vorkommen ohne nachweisbare

Digitized by Google

Verbindung mit Eruptivgesteinen. Gänge dieser Art zeichnen sich durch besondere Länge aus, wie der schon genannte Muttergang in Kalifornien; auch ist ihre Zahl in den einzelnen Golddistrikten meist bedeutend. Das Gold ist auf Quarzgängen bald in gediegener Form der Quarzmasse eingesprengt, bald in inniger Verbindung mit Schwefel- und Kupferkies, namentlich Arsenikkies. Auch bei diesen Gängen ist der Goldgehalt nicht gleichmäßig; er beschränkt sich nach Trinker meist auf bestimmte, untereinander parallele Regionen, die den Quarz wie schräge Säulen durchziehen. Diese Erscheinung, die man mit der Bezeichnung „Adelsvorschub" belegt, aber noch nicht genügend erklärt hat, trägt viel dazu bei, den Bergbau auf Goldquarzgängen zu erschweren. Die Beispiele für Quarzgoldgänge sind zahlreich. Hierher gehören viele Gänge in Kalifornien, in Neukaledonien, im Amurland, in Neuseeland, Australien, im Transvaal, die aufgelassenen Goldgänge in Böhmen und in den Ostalpen ꝛc.

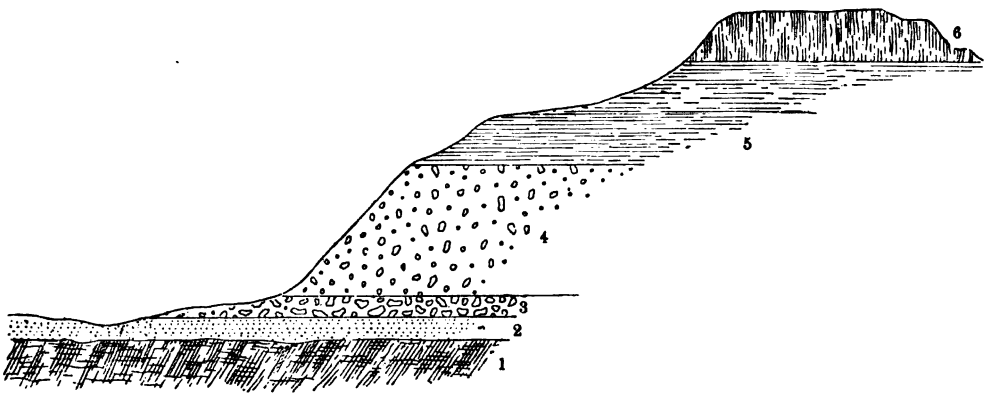
Die letzte Abteilung der Goldlager bilden die „Seifen", die losen Anhäufungen von Edelmetall im Schwemmlande, die durch Zersetzung und Umlagerung entstanden sind und sich in allen größeren Goldfeldern der Erde, namentlich im Gefolge der Quarzgoldgänge vorfinden. Die Vorgänge, die zur Bildung der Goldseifen geführt haben, sind nicht so einfach, als man sich früher vielfach vorgestellt hat. Man macht nämlich die Beobachtung, daß das Gold der Seifen chemisch viel reiner ist als das Gold der anstehenden Lagerstätten, aus denen das Seifengold der Lage nach unzweifelhaft herrührt. In den Quarzgängen findet sich das Gold oft mit Kiesen innig gemengt, in den Seifen dagegen gediegen und in Körnern und Klumpen oder „Nuggets" von so bedeutender Größe, wie sie in anstehenden Lagern unbekannt sind. So fand man im Jahre 1841 zu Slatouft im Ural einen Goldklumpen von 43 kg, zu Mijask einen von 48 kg. Es reicht demnach die Annahme einer einfachen mechanischen Umlagerung zur Erklärung der Verhältnisse in den Seifen nicht aus; es muß angenommen werden, daß hier eine Lösung des Goldes, verbunden mit nachheriger Reduktion, Fällung und Konzentration, stattgefunden habe. Die Lösung konnte nach Egleston unter Mitwirkung von Chlor, Nitraten und Alkalien, die Reduktion unter Einfluß von organischer Substanz vor sich gegangen sein. Das meiste Gold, das sich in den Händen der Menschen befindet, stammt aus dem Schwemmlande. Der Goldreichtum derartiger Ablagerungen erweist sich nach ihrer Entdeckung als großartig, die Gewinnung als billig und leicht; daher ist die Produktion bedeutend. Der Reichtum nimmt aber rasch ab; und nachdem die erste reiche Goldernte im Schwemmland eingeheimst ist, wendet man sich bald den ursprünglichen Lagerstätten zu, deren Reichtum freilich häufig hinter den gehegten Erwartungen zurücksteht, da reiche Seifen keineswegs ebenso reiche ursprüngliche Lagerstätten zur Voraussetzung haben. Diesen Gang nahm die Goldgewinnung im Mittelalter in Böhmen, in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts in Kalifornien und endlich in Australien.

Zu den goldreichsten Gebieten der Erde gehört ohne Zweifel der westliche Teil von Nordamerika. Hier verläuft parallel der Westküste eine Reihe hoher und langgezogener erzreicher Gebirgsketten, die man als Anden zusammenzufassen pflegt. Die Metallvorkommnisse beginnen bereits im hohen Norden, in Britisch-Columbia, wo sich mehrere Goldwäschen befinden; doch erst auf dem Gebiete der Vereinigten Staaten nimmt der Erzreichtum seine wahre Bedeutung an. Er ist nach Cl. King in vier Gangzügen angehäuft, von denen der westlichste der Küstenkette entlang läuft und Quecksilber, Zinn und Chromeisen führt. Die beiden folgenden liegen am Westabhang der mächtigen Sierra Nevada. Von diesen enthält der westlichere, nahe dem Fuße des Gebirges gelegene, hauptsächlich Kupfer, während der östlichere aus goldführenden, in Granit aufsetzenden Quarzgängen besteht. Diese Gänge, unter denen sich auch der Muttergang befindet, sind es, die das Material für die so überreichen Goldseifen Kaliforniens geliefert haben. Die vierte Gangzone endlich liegt auf der Ostseite der Sierra Nevada in einem durchaus vulkanischen

Digitized by Google

Gebiet und enthält neben Gold hauptsächlich Silber. Hier befindet sich der berühmte Comstocklode, der größte Gold- und Silbergang, der jemals von Menschen abgebaut worden ist. Züge von Erzgängen befinden sich weiter in Arizona, Neumexiko und Colorado.

Die Erschließung des kalifornischen Goldreichtums ging vom alluvialen Schwemmland aus. Einzelne Goldfunde waren den Jesuiten, die die Missionen leiteten, schon zur Zeit der spanischen Herrschaft bekannt gewesen, wurden aber in der richtigen Voraussicht verheimlicht, daß dadurch die ruhigen Verhältnisse des Landes Abbruch leiden könnten. So begann denn die Goldgewinnung erst 1848, als es bekannt wurde, daß auf dem Gute des Kapitäns Sutter im Rinnsale des Flusses Gold gefunden worden sei. Nach einem Vierteljahr beschäftigten sich bereits 3000 Menschen mit Goldwäscherei. Alles strömte in die goldführenden Gebiete, neue Städte und Ansiedelungen entstanden, und ein enormer Reichtum fiel den ersten Goldgräbern zu. Der alte Sutter aber wurde von ruchlosen Leuten vertrieben, seiner Habe beraubt und zum Bettler gemacht.



Durchschnitt durch die Obere Mine in Cherokee Flat, Kalifornien: 1) Grundgebirge, 2) blauer Sand, 3) Geröllbildung, 4) Sand, 5) Pfeifenthon, 6) Basalt. (Nach Whitney.)

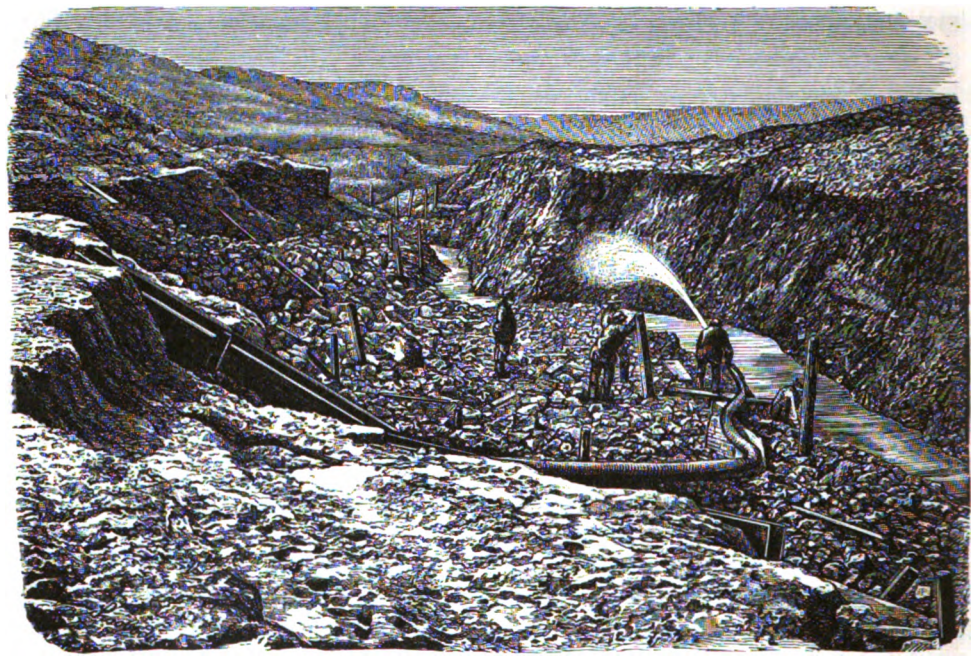
Die Goldwäschereien bewegten sich anfangs in den gegenwärtigen alluvialen Flußanschwemmungen, den „flat placers", wo die Arbeit am leichtesten von statten geht. Nach ihrer Erschöpfung mußte man die älteren und höher gelegenen Goldseifen in Angriff nehmen. Diese bilden eine bis 300, ja 400 m mächtige, ziemlich feste Anhäufung von Geschieben und Gebirgsschutt und werden von Marcou als eine Gletscherbildung beschrieben (s. obenstehende Abbildung). Ihre Ausdehnung wird auf 800—900 Quadratmeilen geschätzt. Darüber breitet sich eine 50—100 Fuß mächtige Decke von schwarzer, basaltischer Lava plattenartig aus, die den mächtigen erloschenen Vulkanen der Sierra entströmt ist und der Landschaft ein bezeichnendes Gepräge verleiht. Die Basaltdecke bedingt zwar eine erhebliche Erschwerung der Goldgewinnung; ohne sie wäre aber das goldführende Schuttland dem zerstörenden Fluß- und Regenwasser viel mehr ausgesetzt gewesen, als dies jetzt der Fall ist.

Die älteren „deep placers" wurden seit 1852 mit hydraulischen Werken ausgebeutet. Von höheren Gehängen führt man in besonderen Leitungen Wasser herbei und läßt den unter hohem hydrostatischen Druck austretenden Wasserstrahl (s. Abbildung, S. 594) auf die zu lockernde Schuttwand einwirken. Der Effekt dieser einfachen Methode soll großartig sein. Ganze Berge werden auf diese Weise in kurzer Zeit durchgewühlt und hinweggeschwemmt, ganze Thäler mit dem reingewaschenen Kies und Sand erfüllt. Die blühendsten Gefilde werden durch den hydraulischen Betrieb in unfruchtbare Wüsteneien verwandelt und riesige Landstrecken verheert. Trotzdem war die Goldwäscherei für Kalifornien von segensreichen Folgen: das Land, das im

Digitized by Google

Jahre 1848 von ungefähr 15,000 Viehzucht treibenden Menschen bewohnt war, zählte schon nach zwei Jahren 100,000 Einwohner, und Ende 1877 betrug die Einwohnerzahl bereits 938,000. Viele Teile des Landes wurden urbar gemacht, kolonisiert und der Zivilisation erschlossen.

Als die Produktion der hydraulischen Werke ihren Höhepunkt überschritten hatte, wandte man sich allmählich den ursprünglichen Lagerstätten zu. Man suchte die goldführenden Quarzgänge der Sierra, den Muttergang und seine Begleiter, auf; doch erwies sich der Bergbau in diesem Gebiet nur so lange als lohnend, als er sich gerade auf einem Adelsvorschub bewegte. Daher kam es zu keiner dauernden Entfaltung bergbaulicher Thätigkeit. Seitdem hält sich die Goldproduktion Kaliforniens ungefähr auf gleicher Höhe wie in den Vorjahren oder weist eine leichte Abnahme auf.



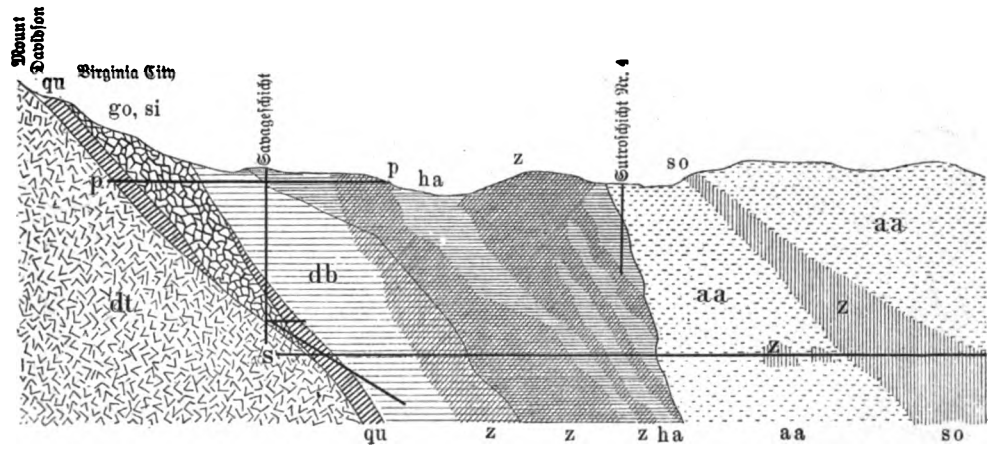
Hydraulische Goldwäsche in Montana, Nordamerika. (Nach Photographie.) Vgl. Text, S. 593.

Viel günstiger gestalteten sich die Verhältnisse bei dem berühmten Comstockgang in der Virginiakette, am östlichen Abhang der Sierra Nevada. Die Virginiakette besteht größtenteils aus jungvulkanischen Gesteinen, aus denen einzelne Partien von älterem Diorit hervorragen, wie am Mount Davidson (7827 Fuß), dem höchsten Punkte der Kette. An dessen östlichem Abhang reichen die jungvulkanischen Trachyte und Andesite bis 6000 Fuß hoch hinauf, und hier tritt an der Grenze von Diorit und Andesit (früher als Propylit bestimmt) der Comstockgang zu Tage (s. Abbildung, S. 595). Er verläuft in einer Länge von 22,000 Fuß in ungefähr nord-südlicher Richtung oberhalb der neugegründeten Städte Virginia City und Gold Hill. Seine Breite beträgt an einzelnen Stellen mehrere hundert Fuß, während an anderen die beiden Wände der Gangspalte nur durch eine wenig mächtige Lettenlage getrennt erscheinen. In ihrem mittleren Teile liegt die Gangspalte genau an der Grenze von Diorit und Andesit, weiter gegen Süden springt sie ganz in den Andesit über. Ihre Neigung ist mit 40—45° nach Osten gerichtet; in größerer Tiefe schießt sie fast senkrecht in den Diorit ein. Die Gangfüllung besteht hauptsächlich aus körnig-lockerem, metallführendem Quarz und tauben, von den Seitenwänden

Digitized by Google

abgelösten Gesteinsmassen. Der Gold- und Silbergehalt (vgl. unten, S. 602) ist, wie schon erwähnt, namentlich in den „Bonanzas" angehäuft, und diese enthielten einen erstaunlichen Reichtum an Edelmetall. Bestritt doch der Comstockgang etwa drei Siebentel der Gesamtproduktion des nordamerikanischen Westens, und seine Jahresproduktion übertraf eine Zeitlang die Österreich-Ungarns ungefähr um das Dreizehnfache.

Doch nicht leichten Kaufes liefert die Natur dem Menschen so große Schätze aus. Der Bergbau am Comstockgang hat mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen, deren eine in der übergroßen Hitze besteht, die schon in verhältnismäßig geringer Tiefe herrscht, während die andere von den reichlich zusetzenden heißen Quellen herrührt. Um deren Abzug zu ermöglichen, wurde der große Sutro-Erbstollen angelegt, der 19,800 Fuß lang werden und die Schächte in einer Tiefe von 1900 Fuß unter der Erdoberfläche treffen soll. Die Produktion am Comstockgang begann im größeren Maßstab im Jahre 1860. Einzelne Erzproben waren schon im Jahre 1858



Durchschnitt des Comstockganges: dt) Diorit, qu) Gangquarz, go, si) gold- und silberführende Gangfüllung, db) Diabas, ha) Hornblende-Andesit, aa) Augit-Andesit, z) zersetzte Partien, so) zersetzte Partie, früher Solferino-Gang genannt, ss) Sutro-Tunnel, pp) Potosi-Tunnel. (Nach Becker.) Vgl. Text, S. 594.

nach Kalifornien gebracht worden, und von den Abenteurern, die auszogen, Lagerstätten auszubeuten, erstand Henry Comstock einen großen Teil des nach ihm benannten Ganges um 20 Dollar. Bald aber verkaufte dieser unstete Mensch seinen Ganganteil, dessen Wert im Jahre 1863, wie Freiherr v. Richthofen angibt, mit 20 Millionen Dollar nicht aufzuwiegen gewesen wäre, um 6000 Dollar; in Trübsinn und Schwermut verfallen, erschoß er sich, „elend, schmutzig, unbetrauert, unbemerkt und fast ungekannt". (E. Sueß.)

Neben Nevada und Kalifornien nimmt im nordamerikanischen Westen auch der Staat Colorado als Goldproduzent eine beachtenswerte Stellung ein. Außerdem beteiligen sich auch die Staaten Dakota, Montana (s. Abbildung, S. 594), Idaho und Arizona mit ansehnlichen Mengen. Die Goldproduktion des nordamerikanischen Westens wuchs in den ersten Jahren enorm rasch, weil der Reichtum des noch jungfräulichen Alluvialbodens groß war. Das Erträgnis des Jahres 1848 betrug nach Raymond 40 Millionen Mark, im folgenden Jahre vervierfachte sich die Produktion und erreichte 1853 sogar die Höhe von 260 Millionen Mark. Ihre Glanzperiode hatte die Golderzeugung Nordamerikas in den Jahren 1876—80: durchschnittlich über 40 Millionen Mark; da war der Comstockgang in „Bonanza". Von 1881—85 aber entstand durch die Einschränkung der hydraulischen Arbeit eine Abnahme, die von dem Jahre 1886 an dadurch wieder ausgeglichen wurde, daß die Goldgewinnung aus der Tiefe des Gebirges zunahm.

Digitized by Google

Weiter südlich tritt uns im Südwesten von Mexiko und im Westen von Südamerika, namentlich in der Küstenkordillere von Chile, eine Reihe von Goldvorkommnissen entgegen, deren Bedeutung nur untergeordnet ist. Größer ist der Reichtum an Gold in Brasilien, wo dieses Metall teils auf Quarzgängen vorkommt, die in Granit, Gneis und kristallinischen Schiefern aufsetzen, teils in den die Gänge begleitenden Schwemmbildungen. Die Entdeckung des Goldreichtums Brasiliens verdankt man den Paulisten, Mischlingen zwischen Indianern und den ersten europäischen Ansiedlern, die wiederum durch die Indianer darauf aufmerksam gemacht worden waren. Am Schlusse des 16. Jahrhunderts erfolgten die ersten Goldfunde in der Provinz São Paulo; daran reihte sich im 17. Jahrhundert die Entdeckung des Goldes in der Provinz Minas Geraës und später in der Provinz Goyaz. Nur unter blutigen Kämpfen und nach wechselvollen

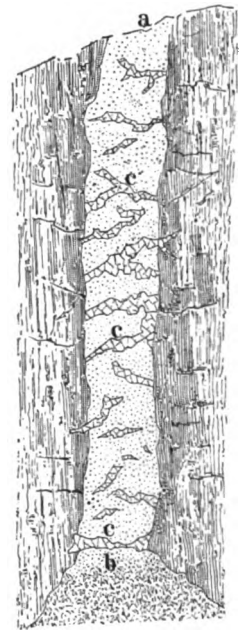
Die Goldfelder von Stawell in Victoria. (Nach Oberländer.) Vgl. Text, S. 597.

Ereignissen wurden die Goldfelder allmählich erschlossen, die im ganzen 18. Jahrhundert die hauptsächlichste Goldquelle der Erde bildeten. In der Mitte des 18. Jahrhunderts hatte die Produktion, die sich hauptsächlich im Schwemmland bewegte, den Höhepunkt erreicht; die Jahresproduktion dürfte sich damals auf ungefähr 23,5 Millionen Mark belaufen haben. Seither ist ein stetiger Rückgang zu verzeichnen. Die brasilischen Goldgänge setzen sich nach Haïti, dem alten Hispaniola, fort, von wo nach der Entdeckung der Neuen Welt zuerst amerikanisches Gold nach Europa kam.

Kurze Zeit nach der Entdeckung der Goldfelder Kaliforniens, 1851, sah man sich unter dem Eindruck der kalifornischen Erfolge auch in Australien veranlaßt, Grabungen nach Gold in der Kolonie Victoria vorzunehmen, wo schon früher einzelne Goldfunde gemacht waren. Die ersten Versuche hatten einen überraschenden Erfolg, und bald fand man auch in anderen Teilen des Landes Goldmengen, die den westamerikanischen nahezu gleichkamen. Der hauptsächlichste Golddistrikt Australiens ist Victoria (1851—1889 Wert der Ausbeute: 5500 Mill. Mark); dann folgen Neuseeland (910 Mill.), Neusüdwales (760 Mill.) und Queensland (480 Mill. Mark). Tasmanien und Südaustralien sind weniger ertragsfähig (Wert: 50 und 15 Mill. Mark). In

Digitized by Google

neuester Zeit sind in dem leider wasserarmen Westaustralien Goldfelder (vor allen Coolgardie, Murchison und Kimberley) entdeckt worden, die 1894 schon ein Sechstel der Gesamtausbeute Australiens lieferten. Das Gold der Kolonie Victoria (s. Abbildung, S. 596) stammt größtenteils aus Quarzgängen, die in paläozoischen Schiefern in großer Zahl auftreten und zuweilen von Grünsteingängen begleitet werden. Im Jahre 1874 kannte man ihrer 3400. Außerdem kommen Gänge eines alten eruptiven Grünsteins vor, die von horizontalen, goldreichen Quarzadern durchsetzt werden; der Grünstein selbst enthält kleinere Mengen von Gold (s. untenstehende Abbildung). Bis zu einer gewissen Tiefe sind die Gänge stark zersetzt, sie zeigen eine ausgezeichnete „Hutbildung", auf deren Kosten sich ein außerordentlich reiches, jüngeres und älteres Schwemmland gebildet hat. In diesem lagert das Gold wie in Kalifornien nur in gewissen tiefstgelegenen Strichen, die den alten Stromläufen entsprechen. Auch in Victoria sind über der goldführenden Drift schützende Basaltdecken ausgebreitet. Die australischen Seifen zeichnen sich vor anderen durch die Größe der Goldklumpen aus, die sie geliefert haben; so wog der Welcome-Nugget 68,26 kg, der Precious-Nugget 50,41 kg (1 kg Gold = 2777,7 Mark). Die Produktion Victorias entstammte größtenteils dem Schwemmland und übertraf in den ersten Jahren alle Erwartungen. Bis zum Jahre 1856 stieg der jährliche Ertrag rapid; in diesem Jahre erreichte er seinen Höhepunkt mit nahezu 240 Millionen Mark. Von da an trat ein stetiges Sinken der Produktion ein: im Jahre 1889 betrug sie nur noch 600,000 Unzen.



Durchschnitt eines Ganges der Wawerley Mine in Victoria: ab) Gang von zersetztem Grünstein, der parallel mit den Schichten des durchsetzten Schiefers verläuft; c) ungefähr horizontale, goldführende Quarzadern. (Nach Philipps.)

Afrika zeichnet sich, soweit es bisher bekannt ist, ebenfalls durch Goldführung aus. Am oberen Laufe des Senegal und des Djoliba befinden sich jene Gegenden, von wo im Altertum die Karthager, im Mittelalter die Mauren, in der Neuzeit die Portugiesen, Franzosen und Engländer Gold im Tauschwege bezogen haben. Die obere Nilregion dagegen hat den alten Ägyptern seit uralter Zeit, mindestens 1600 Jahre vor unserer Zeitrechnung, Gold geliefert. Unter den horizontal gelagerten Sandsteinen und Schiefern der Karrooformation (vgl. S. 160, 187 und 529) tritt im südlichen Transvaal eine Zone kompliziert gefalteter, altpaläozoischer Gesteine hervor, die sich aus dem Griqualand längs des Vaalflusses bis in die portugiesischen Besitzungen an der Ostküste verfolgen läßt. Die ältere vorwiegend schieferige Abteilung dieser Zone betrachtet man als silurisch; sie ist durch eine Diskordanz von der nächstjüngeren Schichtgruppe, der Kapformation, getrennt. Im nördlichen Transvaal und weit nördlich davon herrschen Granit, Gneis und andere Gesteinsarten des kristallinen Grundgebirges. Schon in diesen kristallinen Schiefergesteinen kommt Gold zum Vorschein, und zwar in Quarzgängen, deren Ausdehnung allerdings ziemlich unbeständig ist. Der Hauptgoldreichtum ist aber in der aus Sandsteinen, Quarziten, Konglomeraten und basischen Eruptivgesteinen bestehenden Kapformation aufgestapelt. Hier sind es namentlich die Konglomeratbänke, die „Banket Reefs", die das gelbe Metall teils in kleinen Schüppchen und Kriställchen, teils an Pyrit gebunden enthalten. Die in kurzer Zeit zu so großer Berühmtheit gelangten Goldfelder von Witwatersrand, Klerksdorf, Heidelberg, auch die Goldfelder von Vryheid gehören zu dieser Art von Lagerstätten, während in der jüngeren Stufe der Kapformation, im Malmanidolomit, das Gold in Quarzgängen auftritt. Die goldführenden Konglomerate werden vielfach als „fossile Seifen" angesehen: ihr Gold wäre dann ebenso wie die

Digitized by Google

Quarzgeschiebe in bereits vorhandenen Flitterchen auf mechanischem Wege herbeigeschwemmt worden. Manches spricht aber gegen diese Ansicht, neben der auch die Anschauung vertreten wird, daß die Konglomeratbänke zur Zeit ihrer Bildung auf dem Wege chemischer Fällung mit goldhaltigem Pyrit imprägniert worden sind, ähnlich, wie dies für den Kupfergehalt der Mansfelder Kupferschiefer angenommen wird (vgl. S. 162). Wie dem auch sein mag, ist doch die Goldführung der Konglomerate jedenfalls primär. Dies macht es sehr wahrscheinlich, daß die steilgestellten Konglomerate ihren Goldgehalt auch in großer Tiefe beibehalten und daher eine stetige und langdauernde Goldproduktion versprechen. Für die in währungs-politischer Beziehung so wichtige Frage, ob in Zukunft eine Zu- oder Abnahme der Goldproduktion zu erwarten ist, ist dies von großer Bedeutung: Afrika dürfte dem Bedarf der Kulturvölker für längere Zeit beträchtliche Goldmengen zuführen, um so mehr, als jetzt infolge der verfeinerten Methoden der Goldextraktion auch sehr arme, früher als nicht abbauwürdig betrachtete Erze mit Vorteil gewonnen werden können. Überdies führen, abgesehen von den genannten, auch andere Gebiete Afrikas Gold in beachtenswerter Menge, voran das Sambesiland.

Vor allen anderen goldführenden Ländern zeichnet sich das uralische und sibirische Rußland dadurch aus, daß seine Gewinnung nicht nur bedeutend, sondern auch stetig ist. Der uralische Goldbergbau geht teilweise auf erster, teilweise auf zweiter Lagerstätte um. Goldführende Quarzgänge, die in alten kristallinischen Schiefern anstehen, werden namentlich bei Berefowsk, nordöstlich von Jekaterinburg, ebenso bei Mijask und Troisk abgebaut. Die Ergebnisse des Gangbergbaues werden indessen auch hier von der Ausbeute der Goldseifen weitaus übertroffen. Einzelne Gänge, die freilich nicht reich genug sind, um einen lohnenden Abbau zu ermöglichen, bieten deshalb ein besonderes geologisches Interesse, weil das Edelmetall nicht auf Quarzgängen, sondern in Diorit und Serpentin selbst eingeschlossen vorkommt, wie im Serpentin des Thales Soimonow bei Kischtim. Auch die schon erwähnte Lokalität Nijni Tagilsk gehört in diese Gruppe von Vorkommnissen. Reicher als die uralischen Goldfelder sind die ostsibirischen Goldwäschen am oberen und unteren Jenissei, im Olekminskischen Bezirk zwischen den Flüssen Olekma und Witim, im Nertschinskischen Bezirk an der Kara und endlich im Amurland, wo das Schwergewicht der russischen Goldgewinnung gelegen ist. Obwohl das sibirische Gold größtenteils dem Schwemmland entnommen wird, macht sich doch eine bemerkenswerte Stetigkeit der Produktion geltend. Dies hat dem russischen Goldzufluß eine große Bedeutung für den Weltmarkt gesichert, obgleich die jährliche Produktionsziffer nur die Höhe von 33,600 kg erreicht. Diese Stetigkeit hat ihren Grund teilweise in den klimatischen Verhältnissen, die die Arbeit nur in einem kurzen Teile des Jahres gestatten, teilweise in der enormen Ausdehnung der Goldfelder, teilweise auch in der Art und Weise des staatlichen und gesellschaftlichen Betriebes und dem Fehlen der rastlosen, gierigen Diggers, die in anderen Gegenden eine so fieberhafte Thätigkeit entfalten.

Wenn wir uns Europa zuwenden, so tritt uns ein Kontinent entgegen, der an Goldlagerstätten keineswegs arm ist, dessen Produktion aber fast ganz der Geschichte angehört. Nur in den Karpathen blüht noch ein ergiebiger Gangbergbau; alle übrigen ehemals goldreichen Gebiete sind gegenwärtig erschöpft. Die Phöniker und später die Römer bezogen viel Gold aus Spanien, die römischen Schriftsteller priesen Spaniens Goldreichtum, und Plinius gibt Nachrichten über die Art der Gewinnung, aus denen hervorgeht, daß schon die Römer ähnliche hydraulische Vorrichtungen in Anwendung brachten, wie man sie jetzt in Kalifornien benutzt (s. Abbild., S. 594). Im Mittelalter und zu Beginn der Neuzeit erflossen aus Böhmen große Goldreichtümer. Damals gab es im südlichen Böhmen zahlreiche Bergbauten auf goldführende Quarzgänge, und an vielen Orten im Wottawa- und Sazawagebiet wurden Goldwäschen betrieben. Eine rege montanistische Thätigkeit entwickelte sich im 14. und 15. Jahrhundert namentlich in Bergreichenstein und Eule,

Digitized by Google

sie erlosch aber im 16. und 17. Jahrhundert allmählich. Von demselben Schicksal wurde auch die zum Schlusse des Mittelalters so rege Goldgewinnung bei Zuckmantel und Freiwaldau in Schlesien und im böhmischen Riesengebirge ereilt. Ähnlich erging es dem ehemals so blühenden Goldbergbau in Oberkärnten und Salzburg. Schon die Römer betrieben dort nach der Eroberung von Noricum Bergbau und gründeten die Bergstadt Teurnia nahe dem Zusammenfluß der Möll und Drau. Hereinbrechende Slawen machten diesen Kulturbestrebungen im 5. Jahrhundert ein Ende; und erst als bayrische Völker von dem Lande Besitz nahmen, erstand der Bergbau von neuem, der im 15. und 16. Jahrhundert seine höchste Blüte erreichte. Bald darauf verfiel dieser schöne Bergbau, der in und nahe der Gletscherregion, namentlich am Rauriser Goldberg und am Rathausberg bei Gastein umging, weniger infolge Verarmung der Gänge, als infolge der gewaltsamen Vertreibung der bergbaukundigen evangelischen Bevölkerung durch die unduldsamen Bischöfe von Lavant und Salzburg. Spätere, bis in die neueste Zeit unternommene Versuche, diesen Bergbau wieder aufleben zu machen, waren nicht vom gewünschten Erfolg begleitet. Die Goldwäschen, die im Mittelalter an vielen Orten lebhaft betrieben worden, sind ebenfalls völlig erschöpft, wenn auch heute noch im Tarn, in der Garonne, im Rheine hier und da Goldkörnchen gefunden werden.

Nur die ungarisch-siebenbürgischen Bergbaue, die in jungvulkanischen Gebieten gelegen sind, haben ihre Produktivität beibehalten. Ausgedehnte Massen von vulkanischen Gesteinen breiten sich in der Gegend der alten, im 13. Jahrhundert von sächsischen Bergleuten gegründeten Bergstädte Schemnitz und Kremnitz in Oberungarn aus. Bei Schemnitz schmiegt sich an den Hodritscher Syenit (Quarzdiorit nach G. vom Rath) Propylit an, der den Syenit zum Teil überwallt, so daß dessen Ausdehnung in der Tiefe größer ist als zu Tage. An der Grenze zwischen Syenit und Propylit verläuft hier der Alt-Allerheiligengang ähnlich wie in Nevada der Comstockgang. Außerdem wird sowohl der Syenit als auch der Propylit von zahlreichen Trachyt- und Erzgängen durchschwärmt. Von diesen lassen sich einige weithin verfolgen, so der Grüner Gang 2000, der Spitaler Gang 8000 m weit. Da dieser letzte zugleich eine Breite von 40 m erreicht, so gehört er ohne Zweifel zu den mächtigsten Gängen der Erde. Die Gangspalten sind mit Bruchstücken von zersetztem Nebengestein ausgefüllt, zwischen und in denen die edlen Erze und Gangminerale (Hornstein, Quarz, Amethyst) als Imprägnation auftreten. Ein für Schemnitz bezeichnendes Erz wird lokal „Sinopel" genannt und besteht aus einer braunen, goldreichen Quarzmasse mit Bleiglanz, Kupfer- und Schwefelkies. Die Silbererze von Schemnitz gehören größtenteils zur Gruppe der geschwefelten Erze. Der Erzgehalt konzentriert sich namentlich auf gewisse edle Säulen, die den Bonanzas von Nevada entsprechen. In Kremnitz liegen die Erzgänge ebenfalls in einem Grünsteintrachytstocke. Die Gruben von Nagy-Bánya, Felsö-Bánya und Kapnik beruhen auf Gängen, die in Propylit aufsetzen. Die Bergorte Vöröspátak und Nagyag, Abrudbánya, Offenbánya und Zalathna befinden sich in dem geologisch höchst mannigfaltig gebauten, von vielen eruptiven Felsarten durchbrochenen siebenbürgischen Erzgebirge. In Vöröspátak ist das silberreiche Gold in einem von Trachyten umgebenen Sandstein eingesprengt. Auf Klüften kommen hier Goldkristalle vor, die zu den größten gehören, die überhaupt bekannt sind (s. die Tafel bei S. 591, Fig. 6). In Nagyag ist das Gold mit dem überaus seltenen Tellur vergesellschaftet. Im siebenbürgischen Erzgebirge hat der Goldbergbau ein sehr hohes Alter, wie die Überreste dacisch-römischer Grubenbaue beweisen. Nach der Unterwerfung Daciens durch Trajan im Jahre 106 nach Christo stand dieses Land 170 Jahre hindurch unter römischer Herrschaft und wurde in eine blühende, bergbautreibende Provinz umgewandelt. Gold- und Salzbergbau brachten große Reichtümer in das Land, das nach Verdrängung der Römer wieder der Barbarei anheimfiel. In der letzten Zeit hatte die Goldausbeute Ungarns den jährlichen Wert von ungefähr 4 Millionen Mark; in Siebenbürgen ist sie in Zunahme begriffen.

Digitized by Google

Als Ergänzung zu den statistischen Angaben, die in den vorhergehenden Zeilen eingeflochten worden sind, sei noch auf die graphische Darstellung (S. 601) hingewiesen, die den Stand der Edelmetallproduktion der Welt für das Jahr 1880 veranschaulicht. Es geht daraus hervor, wie verschwindend klein die Mengen von Edelmetall sind, die die verschiedenen Staaten im Verhältnis zu Nordamerika, Australien, Rußland und Mexiko dem Welthandel zuführen.

Nach Burchard betrug die Weltproduktion an Gold:

Staaten	1881		1884	
	kg	Dollars	kg	Dollars
Vereinigte Staaten von Nordamerika	52,212	34,700,000	46,343	30,800,000
Australien	46,178	30,690,000	42,960	28,551,101
Rußland	36,671	24,371,343	32,829	21,818,304
Kolumbien	6,019	4,000,000	5,802	3,856,000
Venezuela	3,423	2,274,692	5,022	3,338,058
Afrika	3,000	1,993,800	3,000	1,993,800
Mexiko	1,292	858,909	1,780	1,183,137
Österreich-Ungarn	1,867	1,240,808	1,658	1,101,707
Kanada	1,648	1,094,926	1,435	954,000
Brasilien	1,116	741,694	952	632,520
Deutschland	350	232,610	555	368,853
Japan	702	466,548	256	170,270
Chile	194	128,869	245	163,000
Peru	—	—	179	119,250
Argentinien	118	78,546	118	78,546
Italien	109	72,375	109	72,375
Bolivia	109	72,375	109	72,375
Schweden	1	665	19	12,627
Türkei	7	4,918	10	6,646
Gesamtproduktion an Gold:	155,016	103,023,078	143,381	95,292,569

Neuere Daten jedoch liefern ein günstigeres Ergebnis:

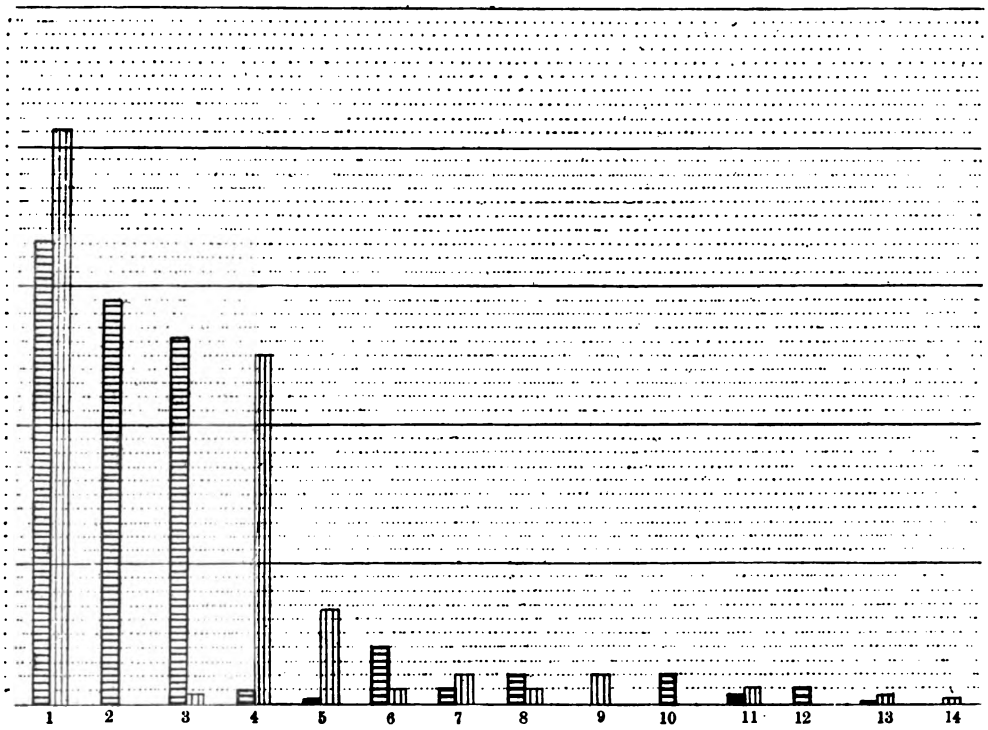
Produktionsgebiete	Unzen Gold		
	1891	1892	1893
Vereinigte Staaten von Nordamerika	1,604,840	1,597,098	1,739,081
Australien	1,518,690	1,638,238	1,711,892
Afrika	725,860	1,201,818	1,563,196
Rußland	1,168,764	1,198,206	1,200,000
Andere Länder	1,085,292	1,115,182	1,160,190
Gesamtproduktion:	6,103,447	6,750,542	7,374,359

Hieraus ergibt sich, daß die Goldproduktion immer noch im Fortschreiten begriffen ist.

Platin. Seine physikalischen Eigenschaften und sein geologisches Vorkommen erheben das Platin zu einem der interessantesten Metalle. Im spanischen Amerika war es lange bekannt (platina, spanisches Verkleinerungswort von plata, Silber); man wußte es aber weder zu bearbeiten noch zu verwenden. Gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts begannen sich die Chemiker eingehender damit zu beschäftigen und erkannten, daß das natürliche Platin, ein stahlgraues bis silberweißes, geschmeidiges Metall, mit dem hohen spezifischen Gewicht 21,23, stets mit geringen Mengen von Eisen, Kupfer, Blei und einer Reihe von äußerst seltenen schweren Metallen legiert ist, die daher den Namen Platinmetalle erhalten haben, wie das Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium und Ruthenium.

Digitized by Google

Auf ursprünglicher Lagerstätte wurden bisher kaum nennenswerte Mengen dieses Metalles vorgefunden, meist erscheint es auf zweiter Lagerstätte im Schwemmland, gefolgt von Gold, Chromit, Magnetit, Zirkon, Korund und Diamant. Die ersten Funde kamen aus dem goldführenden Sande des Flusses Pinto in Choco (Kolumbien); später hat man das Platin auch in Brasilien, auf San Domingo, in Kalifornien, Borneo und in schwachen Spuren auch an mehreren Orten Europas nachgewiesen. Die Hauptlagerstätte, zugleich die merkwürdigste Anhäufung der schwersten Metalle, die überhaupt bekannt ist, bildet das Schwemmland im Distrikt von Nijni Tagilsk am Ural. Hier werden die Platinkörner oder Pepiten von zahlreichen Serpentin-



Die Weltproduktion von Edelmetall im Jahre 1880 (die vertikal gestreiften Flächen bedeuten Silber, die horizontal gestreiften Gold): 1) Vereinigte Staaten von Nordamerika, 2) Australien, 3) Rußland, 4) Mexiko, 5) Deutschland, 6) Kolumbien, 7) Österreich, 8) Südamerika ohne Kolumbien und Argentinien, 9) Europa ohne Rußland, Deutschland, Österreich, Norwegen, Italien und Schweden, 10) Afrika, 11) Japan, 12) Britisch-Columbia, 13) Argentinische Republik, 14) Norwegen. (Nach C. L. King.) Vgl. Text, S. 600.

geröllen begleitet. Die meisten Körner lassen keine Spur des Muttergesteins erkennen; da aber an einzelnen noch Teilchen von Chromit und Serpentin haften, so darf der Serpentin als Muttergestein des Platins betrachtet werden.

Der weitaus größte Teil des im Verkehr befindlichen Platins stammt aus dem Distrikt von Nijni Tagilsk, der von 1825—74: 66,000 kg dieses edlen Metalles geliefert hat. Im Jahre 1880 betrug die Produktion 5800 und zwei Jahre darauf 4082 kg. Das Platin wurde in Rußland zeitweilig, doch ohne dauernden Erfolg, als Münzmetall eingeführt; gegenwärtig wird es hauptsächlich zu Blech und Draht, namentlich aber zu Gefäßen für chemische Operationen verwendet, wegen seiner hohen Feuerbeständigkeit und Strengflüssigkeit.

Silber. Wie das Silber in seinem geologischen Auftreten mancherlei mit dem Golde gemeinsam hat, so teilt es mit dem König der Metalle auch manche physikalische und kristallo-

Digitized by Google

graphische Eigentümlichkeiten. Es kristallisiert ebenfalls in regulärer Würfelform (s. die Tafel bei S. 591, Fig. 1) oder erscheint in gestrickter, haar-, moos- oder drahtförmiger Ausbildung. Gleich dem Golde wird auch das Silber durch geschmeidiges, dehnbares Gefüge und geringe Härte (2,5—3) gekennzeichnet; dagegen hat es ein viel geringeres spezifisches Gewicht (10,47). Gegen Einwirkung chemischer Agenzien weniger widerstandsfähig als das Gold, erhält es sich in der Natur seltener im gediegenen Zustande. Dagegen bildet es mit Schwefel, Arsen und Antimon, mit Chlor, Brom und Jod eine Reihe von Erzen, als deren wichtigste wir Argentit oder Silberglanz (Ag_2S), Stephanit, Pyrargyrit oder dunkles Rotgiltigerz (Ag_3SbS_3), Proustit oder lichtes Rotgiltigerz (Ag_3AsS_3), Fahlerz und die Hornerze zu betrachten haben. Ein großer Teil des Silbers wird aus silberhaltigem Bleiglanz gewonnen, wie denn überhaupt Blei und Silber ebenso häufig auf gemeinsamer Lagerstätte einbrechen wie Gold und Silber.

Durch das Zusammenvorkommen von Silber mit Gold zeichnen sich namentlich die Gänge in jungvulkanischen Gesteinen aus, wie der Comstockgang Nevadas, dessen interessante geologische Verhältnisse oben (S. 594) beschrieben worden sind. Im Osten von Nevada, im Wahsatchgebirge Utahs, gibt es reiche Spalt- und Kontaktgänge und Höhlenlagerstätten, in denen Silber mit Blei vergesellschaftet ist. Die Träger der Erze sind karbonische Kalke und Quarzite, die vielfach von Eruptivgesteinen durchbrochen werden. Früher wurden sie nur auf Silber ausgebeutet; gegenwärtig bildet aber auch das Blei ein Hauptprodukt. Wichtige darauf gegründete Bergbaue sind die früher so ergiebige Emma-Mine, die Flagstaffmine im kleinen Cottonwoodthale, Crescent bei Alta, Ontario bei Park City, die Hornsilbermine bei Frisco und die Eureka-Mine (vgl. unten, S. 617). Als die Fortsetzung der Erzzone Nevadas betrachten die nordamerikanischen Geologen die berühmten silberführenden Gänge Mexikos, die parallel dem Verlauf der Gebirgsketten von Nordwesten gegen Südosten streichen und die großen Silberreviere von Guadelupe-y-Calvo und Durango, von Fresnillo, Zacatecas, Guanajuato und Pachuca bilden. Sie stehen in Verbindung mit Grünsteinen und jüngeren Trachyten und haben nur geringen Goldgehalt. Die größten Reichtümer hat das Ausgehende der Gänge beherbergt, das gediegenes Silber mit Oxyden von Eisen und Mangan in einer korrodierten Quarzmasse eingeschlossen enthält. In den tieferen Partien der Gänge erscheinen neben gediegenem Silber vornehmlich Hornerze, die Chlor- und Bromverbindungen des Silbers, und in noch größeren Tiefen werden diese von geschwefelten Silbererzen, begleitet von Zinkblende und Kupferverbindungen, verdrängt. In der Tiefe von ungefähr 450—500 m macht sich eine Abnahme des Adels der Gänge geltend, und es scheinen vornehmlich Zinkblende und Kiese die Füllung der Gänge zu bilden.

Man vermutet, daß die Zone der merkwürdigen Hornerze unter dem Einfluß des Meeres ihre eigentümliche Beschaffenheit erhalten habe, während sich die oberste Gangpartie, ausgesetzt der Einwirkung der Atmosphärile, zum „eisernen Hut" umgestaltete (vgl. oben, S. 590).

Kein Land der Erde hat der Menschheit so viel Edelmetall geliefert wie Mexiko. Seit mehr als drei Jahrhunderten werden seine Gänge lebhaft bebaut, und noch heute wird seine Jahresausbeute auf 170 Millionen Mark veranschlagt. Von 1690—1863 haben 2195 Millionen Piaster in Silber und 103 Millionen Piaster in Gold die Münzstätten verlassen. Die Produktion begann aber schon um mehr als ein Jahrhundert früher und war auch größer, als die offiziellen Angaben besagen. Die langgestreckten Parallelketten, die den großartigen Erzreichtum Nevadas, Kaliforniens und Mexikos beherbergen, setzen sich in den Anden von Südamerika fort und sind durch reiche Metallführung ausgezeichnet, die hier eine ähnliche Verteilung auf verschiedene Gebirgszonen erkennen läßt wie dort. Peru und Bolivia haben von den Minen bei Pasco, Castro Vireyna und Potosí jahrhundertelang großartige Silbermassen bezogen. So hat Potosí allein nach der Schätzung von Humboldt von 1556 bis zum Anfang dieses Jahrhunderts an

Digitized by Google

1095 Millionen Piaster geliefert. Gegenwärtig liegt der Silberbergbau an den alten Produktionsorten im Inneren des Landes darnieder, obwohl der Reichtum der Gänge keineswegs erschöpft ist. Dagegen wurden bei Caracoles in der Wüste Atakama, östlich vom Hafenort Mejillones, neue silberführende Gänge entdeckt, die in oberjurassischem Kalkstein und Mergel, Quarzporphyr und Grünstein aufsetzen und in lebhaftem Abbau begriffen sind. Die Gänge im Quarzporphyr enthalten gediegenes Silber und Hornerze und zeichnen sich durch besonderen Silberreichtum aus, während die Gänge im geschichteten Gestein außerdem noch silberhaltigen Bleiglanz führen.

Wie in Caracoles so blüht der Silberbergbau auch zu Chañarcillo im Bezirke Copiapó auf dem Boden der bergbaufreundlichen Republik Chile. Die Kordilleren dieses Landes führen reiche Gold-, Silber- und Kupfererze, die wie in Bolivia zonenförmig verteilt sind. Die großen Gruben von Chañarcillo liegen in der Mittelzone der Kordilleren. Oberjurassische Kalksteine sind hier von zahlreichen nach Nordosten streichenden Grünsteingängen, den „chorros", durchzogen, von denen aus einzelne Lager abgehen, die zwischen die Kalkschichten eingedrungen sind. Diese Chorros und die intrusiven Lager sind als die Erzbringer zu betrachten; denn in ihrer Nähe zeigen die Gänge den größten Adel. Auch die benachbarten Kalkbänke wurden von ihnen aus so reichlich mit Silbererzen imprägniert, daß sie oft noch in einer Entfernung von 15 m mit Nutzen abgebaut werden können. Der wichtigste Gang, die Corrida colorado, hat oben eine Mächtigkeit von 10 m, die in der Tiefe bis auf 1 m sinken kann. Die Füllung besteht, wie in Peru, Bolivia und Mexiko, in den höheren Horizonten aus gediegenem Silber und Hornerzen mit Kalk- und Schwerspat, in den tieferen aus geschwefelten Erzen bei abnehmendem Silbergehalt.

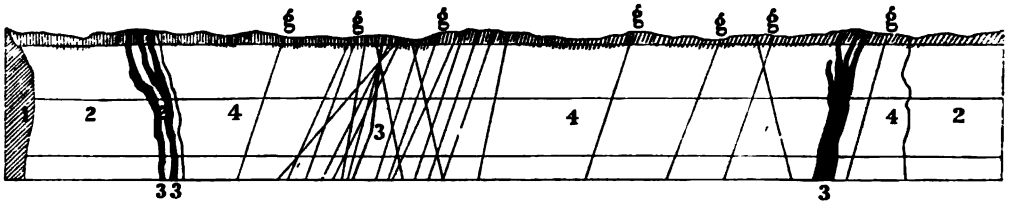
Während der Goldreichtum der alten europäischen Kulturländer längst erschöpft und die Goldproduktion auf ein Minimum herabgedrückt ist, liegen für die Gewinnung von Silber in Europa günstigere Verhältnisse vor. Dieses Metall wird noch immer in beachtenswerten Mengen gewonnen, obwohl die Produktionsorte zum Teil zu den ältesten der Erde gehören. In Deutschland, das 1891 die Hälfte des in Europa gewonnenen Silbers lieferte, haben wir zunächst des Ganggebietes von Freiberg in Sachsen zu gedenken, jener ehrwürdigen Stätte bergbaulicher Thätigkeit, die auf die Entwickelung des Bergbaues in der ganzen Welt jahrhundertelang den wohlthätigsten Einfluß ausgeübt hat. Wie Freiberg einen der wichtigsten Ausgangspunkte der bergmännischen und geognostischen Wissenschaft gebildet hat, so war es auch jederzeit ein leuchtendes Vorbild dafür, welch segensreichen Einfluß die kluge Benutzung der theoretischen Ergebnisse der Naturwissenschaft auf die Praxis nehmen kann. Seit sieben Jahrhunderten in ununterbrochenem Gang erhalten, bewegt sich der Freiberger Silberbergbau bereits in bedeutenden Tiefen, hat aber trotzdem die jährliche Silberausbeute fortdauernd auf derselben Höhe zu erhalten verstanden. Seit 1163—1882 hat Freiberg Silber im Werte von mindestens 853½ Millionen Mark geliefert neben unbestimmbaren Mengen von Blei, Kupfer und anderen Produkten.

Das Ganggebiet von Freiberg, das wichtigste des sächsischen Erzgebirges, liegt in einer Zone von Silber und Bleierz führenden Gängen, die sich von Meißen über Freiberg, Marienberg und Annaberg bis nach Joachimsthal in südwestlicher Richtung hinzieht und in Gneis und Glimmerschiefer aufsetzt. Bei Freiberg unterscheidet man erstens edle Quarzgänge (über 150), mit einer Füllung aus weißem Quarz und Bruchstücken von Nebengestein und verschiedenen Silbererzen, zweitens kiesige Bleigänge (über 300), vorwiegend aus Quarz, Bleiglanz, Blende, Kupfer-, Schwefel- und Arsenikkies bestehend, drittens edle Bleigänge (an 400), aus Braunspat, Manganspat, Quarz mit silberhaltigem Bleiglanz, Rotgültigerz und Silberglanz zusammengesetzt, viertens barytische Bleigänge (ungefähr 130), mit Schwerspat, Flußspat, Quarz, Bleiglanz, Blende, Kupfer- und Schwefelkies in krustenförmiger Ablagerung, fünftens Kupfererzgänge, hauptsächlich mit Kupferkies und anderen Kupfererzen.

Digitized by Google

Die Streichungsrichtung der Gänge ist bald nordwestlich, bald nordöstlich, bald rein nördlich, doch treten häufig mehrere gleichstreichende Gänge zu Zügen zusammen, die sich gegenseitig kreuzen können und an den Kreuzungsstellen durch besonderen Erzreichtum auszeichnen. In der gesamten sächsischen Erzzone zählt man, Freiberg inbegriffen, 1848 Gänge, von denen ein beträchtlicher Teil (849) namentlich in den Bergorten Schneeberg, Marienberg, Annaberg, Joachimsthal und Johanngeorgenstadt neben Silber und Blei nickelhaltige Kobalterze führt.

Die nächstwichtige Produktionsstätte von Silber ist für Deutschland der ebenfalls Jahrhunderte alte Bergbau von St. Andreasberg am südwestlichen Ende des Harzer Brockens. Die Erzgänge setzen in einer schmalen Zone von silurischen Thonschiefern und Grauwacken (Wieder Schiefer) auf, die im Norden an Granit, im Süden an Diabas angrenzt. Ihrer Füllung nach sind sie teils Silber-, teils Eisenstein- und Kupferkiesgänge. Außerdem wird der Wieder Schiefer von mächtigen, mit einem Lettenbesteg versehenen Klüften, den „faulen Ruscheln", durchzogen, die in ihrer Längserstreckung ein langes, schmales Ellipsoid umschließen und sich in der Tiefe vereinigen. Die Silbererzgänge treten nur innerhalb dieses Ellipsoids auf und sind des-



Gänge von Przibram in Böhmen: 1) Granit, 2) Schiefer, 3) Diorit, 4) Grauwacke, g) Erzgänge.

halb nicht groß. An den Ruscheln scheinen sie abgeschnitten oder eine Strecke weit geschleppt. Die Eisenstein- und Kupferkiesgänge dagegen befinden sich nur außerhalb des Ruschelellipsoids.

Ein analoges Ganggebiet wie das von St. Andreasberg erscheint bei Przibram in Zentralböhmen in den Schiefern und Grauwacken der unteren kambrischen Formation (Przibramer Schiefer, Etage B des böhmischen Silurs nach Barrande). Bei Przibram streichen zwei Zonen von Schiefern in der Richtung von Nordosten nach Südwesten, gleichlaufend mit der Achse des böhmischen Silurbeckens, die durch eine schmale Dislokationsspalte, die „Lettenkluft", getrennt werden (s. obenstehende Abbildung). Die zahlreichsten und edelsten Gänge setzen in der ersten Zone auf, streichen meist nordsüdlich und schneiden daher in schiefem Winkel das Hauptstreichen der Schichten. An der Lettenkluft sind sie wie abgeschnitten. Lange betrachtete man daher die Lettenkluft als die Grenze der Erstreckung der Gänge nach Norden, bis es durch glückliche Ausrichtungsarbeiten gelang, die Fortsetzung der Gänge über die Kluft hinaus zu verfolgen. Bei Przibram sind über 50 Gänge, darunter 36 bauwürdige, aufgeschlossen. Die Gangfüllung besteht neben zahlreichen metallischen und nichtmetallischen Mineralen hauptsächlich aus silberhaltigem Bleiglanz und Blende. Der mächtigste und reichste Gang, der Adalberti-Gang, ist dem Streichen nach auf eine Länge von 4740 m bekannt und bis zur Tiefe von 1020 m durch den tiefsten Schacht der Welt aufgeschlossen. Außer den Erzgängen treten noch zahlreiche Diabasgänge auf, die als die Erzbringer betrachtet werden können. Manche Erzgänge liegen als Kontaktgänge zwischen dem Diabas und der Grauwacke.

Das oberungarische Silber- und Goldrevier von Schemnitz und Kremnitz, das mit dem von Nevada so viel Übereinstimmung zeigt, ist schon (S. 599) behandelt. Wie Schemnitz so ist auch ein anderer berühmter Silberbergbau eine Gründung sächsischer Bergleute: Kongsberg in Norwegen. Dieser Ort repräsentierte einst das reichste europäische Silberrevier. Das Silber erscheint hier meist in gediegener Form und prächtig kristallisiert und tritt unter merkwürdigen,

Digitized by Google

von allen anderen abweichenden Lagerungsverhältnissen auf. Das Gebiet von Kongsberg besteht aus dünnschieferigem, häufig granatenführendem Gneis mit untergeordneten Lagen von Glimmer-, Hornblende-, Talkschiefer und Quarzit. Meilenlange, 100—200 m breite und nordsüdlich verlaufende Streifen dieser Schiefer sind mit Eisenkies angereichert, der verwitternd dem Gestein eine dunkle Färbung verleiht und die Bezeichnung „Fahlbänder" für diese Schieferzüge veranlaßt hat. Rechtwinkelig dazu laufen an 500 kurze 1/2—3 cm breite Gangklüfte, die namentlich an den Kreuzungsstellen mit den Fahlbändern mit Silber und Silbererzen angereichert sind. Zu Kongsberg wurden zu wiederholten Malen große, bis zu 500 kg schwere Klumpen gediegenen Silbers aufgefunden.

Für die Weltproduktion an Silber gibt uns Burchards Zusammenstellung folgende Ziffern:

Staaten	1881		1884	
	kg	Dollars	kg	Dollars
Vereinigte Staaten von Nordamerika . .	1,034,649	43,000,000	1,174,205	48,800,000
Mexiko	665,918	27,675,540	655,868	27,257,885
Bolivia	264,677	11,000,000	384,985	16,000,000
Deutschland	186,990	7,771,304	248,115	10,311,659
Chile	122,275	5,081,747	128,106	5,325,000
Österreich-Ungarn	31,359	1,303,280	49,424	2,054,070
Peru	—	—	45,909	1,908,000
Japan	22,046	916,400	21,121	877,772
Kolumbien	24,057	1,000,000	18,286	760,000
Argentinien	10,109	420,225	10,109	420,225
Rußland	7,992	332,198	9,336	338,000
Norwegen	4,812	199,987	6,387	265,490
Frankreich	—	—	6,356	264,275
Spanien	74,500	3,096,220	3,562	148,000
Australien	3,970	164,983	2,788	115,960
Türkei	1,719	71,441	2,164	89,916
Schweden	1,176	48,875	1,816	75,472
Kanada	1,641	68,205	1,641	68,205
Italien	432	17,949	432	17,949
Totalsumme:	2,458,322	102,168,354	2,770,610	115,097,878

Im Jahre 1891 bezifferte sich die Ausbeute der Vereinigten Staaten auf 55,000,000 Unzen (= 75,416,565 Dollars). Im letzten Jahrzehnt, d. h. in den Jahren 1885—94, hat sich die Silbererzeugung Nordamerikas ungefähr verdoppelt. Frankreich, Spanien und England gewinnen nur unbeträchtliche Mengen von Silber durch Abscheidung dieses Metalles aus silberhaltigem Bleiglanz. Rußland, in Gold so hervorragend, erzeugt nur wenig Silber. Fast die gesamte Silberausbeute Rußlands stammt vom Schlangenberge bei Smeinogorsk im Altai, wo silberführende Gänge in einem von Grünsteinen durchzogenen, altpaläozoischen Schiefergebiet abgebaut werden. Wie die Goldproduktion seit 1885 stetig gewachsen ist, so erhält sich auch die Silberproduktion trotz niedriger Preise auf bedeutender Höhe und erfährt noch immer eine geringe Steigerung. Nach Erschöpfung des Comstockganges wird wohl die Mine von Broken Hill in Australien (Neusüdwales) als die reichste zu gelten haben.

Quecksilber. Das fremdartigste aller Metalle, das Quecksilber, wurde schon im Altertum verwendet, aber nicht als Metall betrachtet. Im Mittelalter wendeten sich ihm die Alchemisten mit besonderer Vorliebe zu. Sie wußten, daß es in Verbindung mit Schwefel den roten Zinnober gibt und nannten es wegen seiner Fähigkeit, Metalle zu lösen, die Mutter der Metalle, während sie im Schwefel den Vater der Metalle erblickten. Obgleich schon Georg Agricola die

Digitized by Google

metallische Natur des Quecksilbers auf das bestimmteste erkannte, wollte man es noch lange nicht als echtes Metall, sondern nur als metallähnlichen Körper gelten lassen. In der That ist es das Metall, das sich von der Masse der übrigen am meisten entfernt. Bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, nimmt es erst bei —40° C. feste Form an und siedet bei 357° C. Sein spezifisches Gewicht beträgt 13,5—13,6. Obschon es in der Natur auch gediegen vorkommt, wird die Hauptmasse nicht in dieser Form, sondern aus Erzen gewonnen, deren wichtigstes der Zinnober ist. Der Zinnober (86,2 Quecksilber und 13,8 Schwefel) erscheint meist als derbes, dichtes oder erdiges Mineral, kann aber auch schöne rhomboëdrische Kristalle bilden, die lebhaften Demantglanz und kochenille- oder scharlachrote Färbung zeigen (s. die Tafel bei S. 591, Fig. 5). Seltener als mit Schwefel verbindet sich das Quecksilber mit Chlor und Selen zur Bildung der „Quecksilberhornerze"; in geringer Menge beteiligt es sich auch an der Zusammensetzung von Fahlerzen.

Das Quecksilber kommt nur an wenigen Punkten der Erde abbauwürdig vor, ähnlich wie das Zinn. Während aber das Zinn stets von einer Flut von zum Teil seltenen Mineralen und Erzen begleitet wird, entbehrt das Quecksilber völlig einer reicheren mineralischen Vergesellschaftung. Die Anschauungen über die Entstehung der Quecksilberlagerstätten wurden durch merkwürdige Aufschlüsse gefördert, die einige Quecksilbervorkommnisse im Westen von Nordamerika geboten haben. Kennt man doch in diesem hochbegünstigten Teile der Erdrinde, der dem Menschen in kurzer Zeit ebenso großartige wissenschaftliche wie metallische Reichtümer geliefert hat, mehrere Stellen, wo die Ablagerung gegenwärtig noch fortdauert. In dem großen Thermen-, Solfataren- und Suffionengebiet, das sich in der kalifornischen Küstenkette am Fuße des 1500 m hohen vulkanischen Bergkegels Uncle Sam ausdehnt und vom Clear-See umschlossen wird, liegt die Sulfurbank, bestehend aus stromartig ausgebreitetem Trachyt. Dadurch werden die hier aufsteigenden heißen Quellen und Ausströmungen von Wasserdampf, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff gezwungen, den Trachyt nach allen Richtungen zu durchziehen, bevor sie ins Freie gelangen können. Auf dem Wege durch den zersetzten und veränderten Trachyt setzen nun die nach oben dringenden Dämpfe und Wässer Adern von Opal, Chalcedon, Schwefel, Zinnober und bituminöse Substanzen ab. Da die Sulfurbank bei einer Mächtigkeit von 10 m eine Fläche von 56,400 qm einnimmt, so bildet sie ein bergmännisches Objekt von großer Bedeutung, das seit 1874 durch Tagbaue mit Erfolg ausgebeutet wird. Auch die rezenten Kieselsinterabsätze der Sulfur Springs nordöstlich vom Boraxsee enthalten Zinnober und Schwefel, führen daneben aber auch Spuren von silberhaltigem Pyrit und Gold. Bemerkenswert ist das Steamboat-Thal am Ostabhange der Virginiakette 11 km nordwestlich von Virginia City und dem Comstockgange. Der Granit dieses Gebietes wird von zwei Gruppen von Spalten durchzogen. Die Spalten der einen Gruppe sind mit siedendem Wasser erfüllt und werfen Strahlen aus, während bei anderen Spalten, die mit amorpher und kristallinischer Kieselsäure gefüllt und mit Zinnober imprägniert sind, die Geiserthätigkeit bereits erloschen ist. Auch die Kieselsinterdecken, die auf der Oberfläche ausgebreitet sind, enthalten geringe Mengen von Zinnober.

So sichere und klare Einblicke in der Herkunft des Quecksilbers wie bei den genannten Vorkommnissen dürfen wir nur selten erwarten; bei anderen Lagerstätten liegen die Verhältnisse etwas schwieriger. Immer aber stellt sich deutlicher heraus, daß das Quecksilber stets an große Dislokationsspalten geknüpft ist, die die Zufuhr dieses Metalls aus größeren Tiefen ermöglicht haben. Dies ist der Fall bei den noch nicht genannten älteren Quecksilberlagerstätten Kaliforniens. Hier erscheint der Zinnober im Küstengebirge als lagerstock- oder linsenartige Imprägnation im Serpentin, Trachyt und Basalt, wie in den benachbarten Kreideschichten. In der ältesten unter den kalifornischen Gruben, New Almadén südlich von Francisco, liegt das Quecksilbererz in der Grenzregion zwischen dem Serpentin und den ihn bedeckenden Kreideschichten; und eine ähnliche

Digitized by Google

Stellung nimmt es in der Grube Redington an. In den Grubenbauen strömt häufig Kohlensäure aus, und zuweilen trifft man auf Schwefelwasserstoffquellen.

Überzeugend wurde die Abhängigkeit der Quecksilbererze von Dislokationsspalten durch M. Lipold bei dem Quecksilberlager von Idria in Krain nachgewiesen. Das unterste Schichtglied bilden hier die der Steinkohlenformation angehörenden Silberschiefer; darauf folgt die ganze Reihe der Triasgebilde, über denen infolge einer mächtigen Dislokation abermals die karbonischen Schiefer erscheinen. Die Dislokationsspalte ermöglichte die Zufuhr von Quecksilber, das in geringem Maße die Silberschiefer, hauptsächlich aber die untertriadischen Schiefer, Kalksteine und Breccien und die obertriadischen Skonza- oder Lagerschiefer imprägniert hat. Die reichsten Erze birgt der Lagerschiefer. In ihm sind die bekannten Ziegel-, Stahl-, Leber- und Korallenerze enthalten, die aus einer innigen Mengung von Zinnober, Bitumen und erdigen Bestandteilen zusammengesetzt sind. Die Entstehung der Dislokationskluft wird in die Tertiärzeit versetzt.

Weniger sicher ist man in der Auffassung des Lagers von Almadén am nördlichen Gehänge der Sierra Morena in Spanien. Hier enthält silurischer Thonschiefer Einlagerungen von Sandsteinen, untergeordnet auch von Kalksteinen, die mit Quecksilber angereichert sind, während der Thonschiefer selbst erzfrei ist. Mehrere erzhaltige Lagen haben eine Mächtigkeit von 8—10 m und können auf eine halbe Meile weit verfolgt werden. Mit Almadén scheint geologisch das Lager von Huanca Velica in Peru nahe verwandt zu sein, wo ebenfalls Sandstein und Thonschiefer, vielleicht karbonischen Alters, mit Quecksilber erfüllt sind.

Als Lagerstätten untergeordneter Bedeutung seien noch die am Landsberge bei Moschel in der Pfalz, die des Monte Amiata in Toscana, Valalta in den venezianischen Alpen und Ripa in Modena erwähnt. Das Vorkommen im Avalaberge bei Belgrad wurde wahrscheinlich schon von den Römern ausgebeutet, aber erst im Jahre 1882 neu entdeckt. Es erregt deshalb Interesse, weil es nach v. Groddeck Analogien zu den kalifornischen Lagerstätten darbietet.

Das Quecksilber gehört zu den für die Menschheit bedeutungsvollsten Metallen. Die größte Menge des erzeugten Quecksilbers verschlingt der „Patioprozeß" zur Extraktion von Gold und Silber aus Erzen, der im 16. Jahrhundert in Amerika in Gebrauch kam und bis jetzt noch durch keinen anderen ersetzt ist. Wichtig ist die Verwendung des Quecksilbers zur Spiegelfabrikation, zum Vergolden im Feuer, zur Füllung physikalischer Apparate, zur Herstellung chemischer und medizinischer Präparate 2c. Im Altertum hat vorwiegend Almadén, das wahrhaft unerschöpfliche, den Quecksilberbedarf der Kulturstaaten gedeckt. Nachher wurde es von den Mauren ausgebeutet und blieb im Mittelalter die einzige Bezugsquelle, bis sich 1497 Idria hinzugesellte. Als im 16. Jahrhundert die Gewinnung von Silber in Mexiko und damit auch der Quecksilberverbrauch so ungeahnte Dimensionen annahm, kam auch Almadén zu immer größerer Blüte; trotzdem litt die amerikanische Silberproduktion häufig unter den hohen Quecksilberpreisen, die auch durch die Eröffnung des neuen Quecksilberwerkes von Huanca Velica nicht wesentlich gebessert wurden. Als gegen Ende des 18. Jahrhunderts die Produktion von Huanca Velica durch den Einsturz der Werke ins Stocken geriet, mußte sogar Mexiko Quecksilber aus Idria beziehen. Seit 1850 trat Kalifornien in die Reihe der Quecksilberproduzenten. Seine Erzeugung erreichte ihren Höhepunkt im Jahre 1879 mit 79,396 Flaschen[1]. Im Jahre 1891 betrug sie 22,904, 1892: 27,993 und 1894: 32,000 Flaschen; namentlich in den nordkalifornischen Minen macht sich eine starke Steigerung bemerkbar. Hatten im Jahre 1882 alle Produktionsorte des westlichen Nordamerika zusammen 52,732 (1889 nur noch 26,000), Almadén 45,921 und Idria 11,000 Flaschen geliefert, so verteilte sich die Produktion im Jahre 1891 folgendermaßen:

[1] Eine Flasche enthält Quecksilber im Gewichte von 28,54 kg.

Digitized by Google

Spanien	47,993	Flaschen Quecksilber
Kalifornien	22,904	" "
Österreich	15,000	" "
Italien	10,440	" "
Rußland	10,000	" "

Kupfer. Viel häufiger als die edlen Metalle und daher als Münzmetall weniger wertvoll, spielt das Kupfer dennoch im Haushalte der Menschheit seit langer Zeit eine hervorragende Rolle. Von allen anderen Metallen unterscheidet es sich durch seine eigentümlich rote Färbung; dagegen hat es die große Zähigkeit, Dehnbarkeit und Hämmerbarkeit mit anderen gemeinsam. Natürliche Vorkommnisse von gediegenem Kupfer sind nicht eben selten: haar-, draht- oder plattenförmige Gebilde und reguläre Kristalle kennt man von vielen Lokalitäten. Kaum aber gibt es prächtigere Kupferkristalle als die Zwillingsformen, wodurch die berühmten Minen am Oberen See ausgezeichnet sind (s. die Tafel bei S. 591, Fig. 7).

Unter den Kupfererzen hat man vornehmlich zwei Gruppen zu unterscheiden: Verbindungen des Kupfers mit Sauerstoff und Kohlensäure und Verbindungen mit Schwefel oder mit Schwefel, Antimon und Metallen. In die erste Gruppe gehören der **Cuprit** oder das **Rotkupfererz** mit 88,8 Kupfer und 11,2 Sauerstoff, ein schönes, rote oktaëdrische Kristalle oder derbe Aggregate bildendes Erz, und der grün gefärbte, schalig-faserige **Malachit** (71,95 Kupferoxyd, 19,90 Kohlensäure und 8,15 Wasser). Aus der Reihe der geschwefelten Erze sind namentlich der **Kupferkies**, der **Kupferglanz**, das **Buntkupfererz** und das **Fahlerz** hervorzuheben. Der **Kupferkies** bildet tetragonale, halbflächige Kristalle oder derbe Massen von messinggelber Färbung und besteht aus 34,57 Kupfer, 30,54 Eisen, 34,89 Schwefel ($CuFeS_2$). Der **Kupferglanz** (Cu_2S) setzt sich zusammen aus 79,85 Kupfer und 20,15 Schwefel. Dem Kupferkies ist nahe verwandt das tombakbraune, oft mit bunten Anlauffarben versehene **Buntkupfererz** (55,6 Kupfer, 16,4 Eisen und 28,0 Schwefel). Durch schwankende chemische Zusammensetzung zeichnet sich das schon als Silbererz erwähnte **Fahlerz** aus, bei dem neben Schwefel auch Antimon und Arsen, neben Kupfer und Silber auch Eisen, Zink und Quecksilber erwartet werden können.

Außerordentlich reiche **Kupferlagerstätten** beherbergt ein kleines Gebiet am Südrande des **Oberen Sees** in Nordamerika. Die obere Halbinsel des Staates Michigan besteht aus einem zentralen Gneis- und Granitgebiet mit kristallinischen Schiefern, an das sich nordwestlich und östlich in flacher und diskordanter Lagerung silurische Schichten anschließen. An die silurischen Potsdamsandsteine des nordwestlichen Flügels grenzt der kupferführende Gürtel mit einer Breite von $^2/_3$ bis 1 Meile und einer Länge von $25^3/_4$ Meilen an; dieser besteht aus einem Wechsel von basischen Eruptivlagern und Sedimenten. Die südlichste Zone (Bohemian Range) bildet einen mächtigen Eruptivrücken von Diabas (s. Abbildung, S. 609); darüber folgen Melaphyrlager mit Einschaltungen von Breccien und Sandsteinen. Das ganze System hat die enorme Mächtigkeit von 10 km und neigt sich mit 30—60° gegen Norden oder Nordwesten. Die einzelnen Diabas- und Melaphyrlager sind selten über 30 m mächtig und erscheinen auf der Oberfläche blasig-löcherig wie Lavaströme; in den Blasen haben sich sekundäre Mineralbildungen abgesetzt, so daß die oberflächlichen Partien der einzelnen Eruptivlager wie Mandelsteine aussehen. Die Konglomerate und Feldspatsandsteine bestehen aus Fragmenten der basischen Eruptivgesteine; in der nördlichen Zone der Halbinsel treten Quarzporphyrfragmente hinzu.

In diesem höchst eigenartig gebauten Gebirgssystem erscheint das Kupfer in dreierlei Form: 1) auf Quergängen, 2) in den hangenden, blasigen Partien der Eruptivlager, als Netzwerk und Füllmasse der Blasen, 3) in den Porphyrkonglomeraten, als Ersatz des Bindemittels. In den Gängen, die nach Norden oder Nordwesten streichen und meist $^1/_2$—1 m mächtig sind, bildet das gediegene Kupfer oft riesige Massen, hält sich aber meist nur an das Hangende der durchsetzten

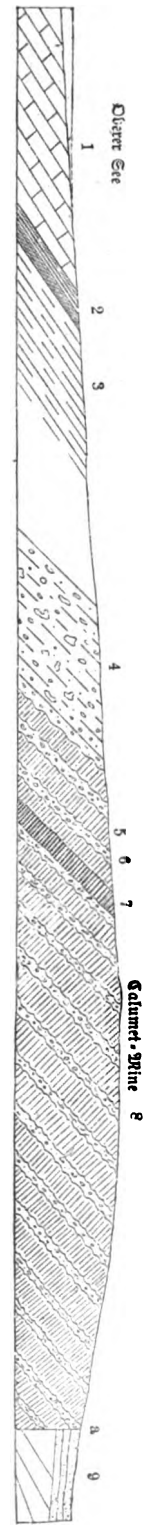
Digitized by Google

Melaphyrlager. Wo sich dagegen die Gänge im kompakten Eruptivgestein oder im Sandstein bewegen, macht sich eine Vertaubung bemerkbar. Über die Entstehung des Kupfers sind die Meinungen noch geteilt. Meist nimmt man an, daß das Kupfer ursprünglich als Schwefelkupfer und Silikat in den basischen Eruptivmassen enthalten war und sich allmählich durch Zersetzung der Bestandteile des Melaphyrs an deren Stelle niedergeschlagen hat.

Die erste Kupfergewinnung am Oberen See reicht in die indianische Zeit zurück. Beim Erschließen der Kupferzone entdeckte man auf einer Strecke von etwa 200 km alte, seichte Tagbaue und kleine Verhaue, die zum Teil verschüttet und bereits von mehrhundertjährigem Baumwuchs bedeckt waren, als die ersten weißen Pioniere ankamen. In den alten Bauen fand man Steinhämmer, Kupfermeißel und Holzkohle. Die indianischen Ureinwohner verstanden es nicht, das auf primitive Weise, doch wahrscheinlich mit Hilfe des „Feuersetzens" gewonnene Kupfer zu schmelzen, sie begnügten sich damit, ihm durch Hämmern die gewünschte Form zu erteilen. Obwohl sich schon zu Beginn des 17. Jahrhunderts Nachrichten über das Kupfervorkommen am Oberen See verbreiteten und schon zu Ende des 18. Jahrhunderts unternehmende Engländer ihr Glück dort versuchten, begann doch erst zu Anfang der vierziger Jahre dieses Jahrhunderts der wirkliche Betrieb des Bergbaues, der in kurzer Zeit zu großer Blüte gelangte. In den siebziger Jahren lieferte das Seengebiet mindestens 88 Prozent der gesamten nordamerikanischen Produktion. Seit 1883 dagegen deckt es nur noch deren kleinere Hälfte, da die größere seit der Vollendung der Süd-Pacificbahn aus Montana und Arizona zufließt. Der wichtigste Distrikt von Montana ist Butte, wo die kupferführenden Gänge in zersetztem und von Verwerfungen durchzogenem Syenitgranit und Syenitporphyr auftreten. In Arizona sind die Minen von Copper Mountain im Cliftondistrikte hervorzuheben, die an den Kontakt von Porphyr mit Sedimenten gebunden sind. Nordamerikas Produktion belief sich im Jahre 1885 auf 77,705, im Jahre 1890, also nur 5 Jahre später, auf 125,076 Tonnen.

Wie gegenwärtig Nordamerika, behauptete früher durch drei Dezennien hindurch Chile den ersten Rang unter den kupferproduzierenden Staaten; noch 1885 lieferte Südamerika 44,573, bereits im Jahre 1890 aber nur 33,960 Tonnen. Die wichtigsten Kupferbergbaue sind in der Küstenkordillere zu suchen, so der von Cerro de Tamaya unweit Tongoy, nördlich von Valparaiso, wo im Diorit ein 2—3 m mächtiger Gang aufsetzt, der als Haupterze Buntkupfer und Kupferkies enthält. Auch die Mine La Higuera bei Coquimbo und die Gänge der Algodonbai im Küstenlande der Wüste Atacama gehören dieser Zone an und sind an Diorite geknüpft, während die Erze bei Copiapó in der Hohen Kordillere nicht an eruptive Grünsteine gebunden sind, sondern in Form unregelmäßiger Gänge und Lager in kristallinischem Schiefer auftreten.

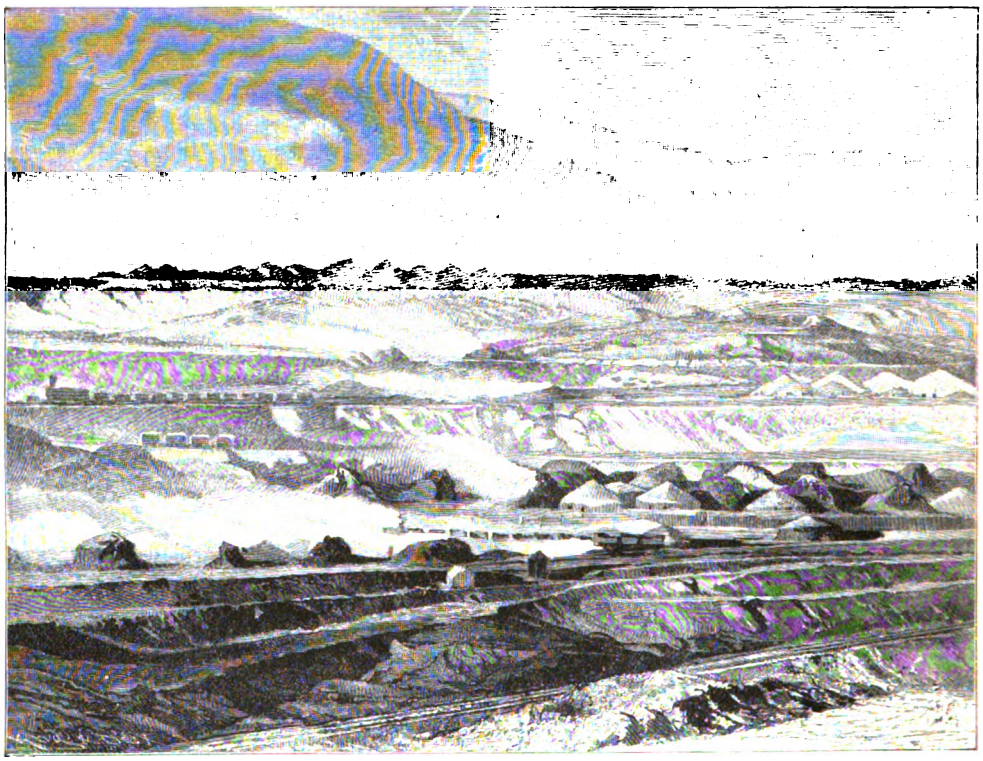
In Europa verdienen zunächst die durch große Produktivität und hohes Alter des Bergbaues ausgezeichneten spanisch-portugiesischen Lagerstätten hervorgehoben zu werden. Durch die Provinzen Huelva in



Kupferlagerstätte am Oberen See: 1) roter Sandstein und Schiefer, 2) Nonesuch slate bolt, 3) roter Sandstein, 4) roter Sandstein und Konglomerat, 5) Marquette's Group, 6) Ashbed Group, 7) Greenstone Group, 8) Diabas, Diabasmandelstein und Melaphyr mit mehreren Konglomeratlagen, 9) Sandstein, a) Dislokation. Vgl. Text, S. 608.

Digitized by Google

Spanien und Alemtejo in Portugal streicht in nordwestlicher Richtung eine etwa 183 km lange Zone von Thonschiefern oberdevonischen oder silurischen Alters, die enorme Lager von kupferführenden Eisenkiesen enthält. Am berühmtesten sind die Minen Rio Tinto und Tharsis in Spanien. In Rio Tinto (s. untenstehende Abbildung) sind drei Hauptlager zu unterscheiden, der Criadero del Sur, del Norte und del Medio. Die beiden ersten haben eine Länge von nahezu 3 km, weisen eine Mächtigkeit bis zu 200 m auf und liegen am Kontakte des Thonschiefers mit Porphyr. Ähnlich sind die geologischen Verhältnisse bei den zahlreichen anderen Lagerstätten dieses großartigen Erzzuges. Schon die Phönike haben in diesem Gebiete Kupfer gewonnen,



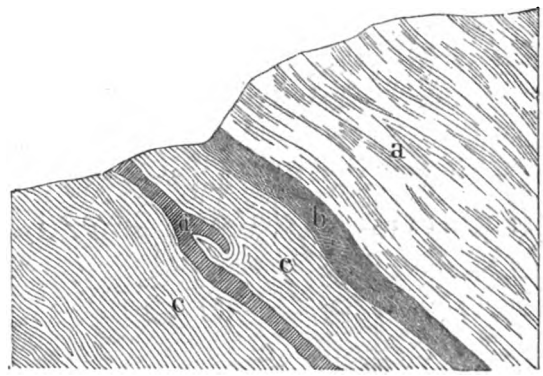
Die Kupferschmelzen von Rio Tinto. (Nach Photographie.)

und zur Zeit der römischen Weltherrschaft ging hier durch vier Jahrhunderte ein lebhafter Bergbau um. Noch heute sind zahllose Römerschächte und Stollen, Reste römischer Straßen erhalten. Der Inhalt der riesigen Schlackenhalden wird auf 18 Millionen Tonnen geschätzt, woraus man auf eine jährliche Gewinnung von ungefähr 2400 Tonnen Kupfer schließen darf. Für die technisch primitiven Verhältnisse des Altertums ist diese Ziffer außerordentlich hoch; allerdings waren zur Zeit des Plinius an 20,000 Sklaven in dieser wüsten Gegend beschäftigt. Zur Goten- und Maurenzeit scheint der Betrieb geruht zu haben, er war auch späterhin ganz unbedeutend; erst im 18. Jahrhundert begannen neue Unternehmungen.

Unter den Kupferlagerstätten Deutschlands sei zunächst das Kieslager vom Rammelsberge bei Goslar im Harz erwähnt (s. Abbildung, S. 611). Es wird von oberdevonischen Schiefern, den Goslarer Schiefern, umschlossen und besteht eigentlich aus einer Anhäufung von mehr oder minder großen, unregelmäßigen Erzlinsen. Die größte bisher aufgeschlossene Ausdehnung des Lagers beträgt in der Längsrichtung 1200 m, die größte Mächtigkeit 15—20 m.

Digitized by Google

An einer Stelle gabelt sich das Lager, wodurch die Mächtigkeit bis auf 30 m und darüber steigt. Die wichtigsten Erze, die hier aufbrechen, sind Kupferkies, Schwefelkies, Bleiglanz und Zinkblende, die insoweit eine gesetzmäßige Lagerung erkennen lassen, als im Liegenden die Kiese, im Hangenden die Bleierze vorherrschen. Der Bergbau am Rammelsberg hat ein ehrwürdiges Alter. Er wurde schon zu Kaiser Ottos I. Zeiten begonnen und blüht bis in die neueste Zeit, gewisse Unterbrechungen abgerechnet, die durch Epidemien, Hungers- und Kriegsnöte verursacht wurden. Zwischen den südlichen Abhängen des Harzes und dem Thüringer Walde tritt uns ebenfalls ein altes Bergbaugebiet entgegen, das zu Anfang des 13. Jahrhunderts erschlossen worden ist. Dort dehnt sich in übergreifender Lagerung über den Schichten älterer Formationen die als Zechstein bekannte Abteilung der Permformation aus und enthält in ihrem unteren sandig-konglomeratischen Glied einen feinkörnigen, bituminösen, harten Mergelschiefer von schwarzer Farbe und $^1/_2$ m durchschnittlicher Mächtigkeit, der mit Kupfererzen in feinster Verteilung imprägniert ist (vgl. oben, S. 162). Der Kupfergehalt ist freilich nicht hoch: er beträgt nur 2—3 Prozent; aber dies genügt, um bei der Regelmäßigkeit der Ablagerung und der viele Quadratkilometer betragenden Ausdehnung den Abbau dieses Kupferschieferflözes lohnend zu gestalten. Am schwunghaftesten wird der Kupferbergbau im Mansfeldschen betrieben. Ähnliche Kupfererzflöze wie hier enthält der Zechstein an den Grenzen des Rheinischen Schiefergebirges bei Stadtberge in Westfalen, zu Frankenberg in Kurhessen und auf dem Spessart-Gneis zu Bieber in Hessen. An das Vorkommen vom Cerro de Tamaya und vom Oberen See erinnern die Gänge bei Weilburg an der Lahn und Dillenburg in Nassau. Wo die Gänge zersetzten Diabas und Roteisensteinlager schneiden, sind sie am reichsten mit Kupfer-, Blei- und Zinkerzen ausgestattet. Im benachbarten Cypridinenschiefer und Sandstein erweisen sie sich dagegen als erzfrei; ebenso im kompakten, unzersetzten Diabas.



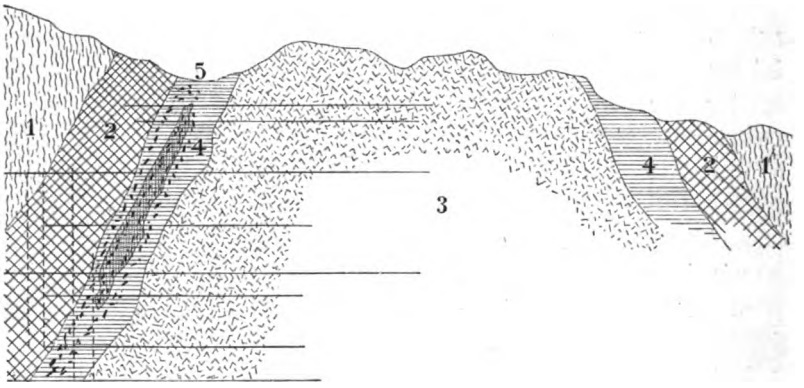
Das Rammelsberger Kupfererzlager: a) Spiriferensandstein, b) Calceola-Schiefer, c) Goslarer Schiefer, d) Erzlager. (Nach Wimmer.) Vgl. Text, S. 610.

Einen von den bisher besprochenen Erzlagerstätten gänzlich abweichenden Typus, den der metamorphischen Kontaktlagerstätten, lernen wir im Banater Gebirge in Ungarn kennen, einem Gebirge, das durch merkwürdige geologische Verhältnisse wie durch mannigfaltige Erzführung ausgezeichnet ist. Der Banater Gebirgszug streicht ungefähr 10 Meilen weit fast nordsüdlich von Bogschan und Moravitza über Dognacska, Oravitza, Csiklowa, Szaszka nach Neu-Moldawa, wird zwischen Alt-Moldawa und Orsowa von der Donau durchschnitten und setzt sich darüber hinaus nach Serbien fort. An eine mittlere Zone von kristallinischen Schiefern schließt sich beiderseits ein Band von Kalkbildungen der Jura- und Kreideperiode an. In der westlichen Kalkzone erscheinen an vielen Punkten eruptive Massen von Diorit (Banatit), die sich oft in ein wahres Netzwerk von Gängen auflösen und den umgebenden Kalkstein auf weite Strecken hin in Marmor mit Granaten, Vesuvian und Wollastonit verwandelt haben. Am Kontakte von Kalkstein, seltener Glimmerschiefer und Diorit, brechen unregelmäßig gestaltete Erzstöcke ein, die bald vorwiegend aus Kupfer- und Bleierzen, bald aus Eisenerzen bestehen (s. Abbildung, S. 612). Dognacska und Moravitza führen hauptsächlich Magnetit, daneben geringe Mengen von Zinkblende, Kupfer- und Wismuterzen; Oravitza, Csiklowa und Szaszka geben vorwiegend

Digitized by Google

Kupfererze, Neu-Moldawa, die Gegend der „centum putei" des Tacitus, kupferführende Schwefelkiese, die gegenwärtig nur auf Schwefelkies zur Schwefelsäurefabrikation gewonnen werden. Auch andere Teile Ungarns zeichnen sich durch Kupferführung aus, wie die Gegenden von Schmölnitz und von Herrengrund in Oberungarn.

Gleich merkwürdig wie die Banater Kontaktstöcke sind die nesterförmigen Kupferlagerstätten, die an gewisse, zwischen Genua und der Südgrenze Toscanas auftretende Diabas- und Serpentinaufbrüche gebunden sind. Die wichtigsten Gruben befinden sich gegenwärtig bei Montecatini, westlich von Volterra. Das Gebirge besteht vorwiegend aus eocänen Schiefern und Sandsteinen, innerhalb deren der früher als Gabbro bestimmte Diabas der Monte Massi inselförmig auftaucht. An der Grenze des Diabases erscheinen unregelmäßige Serpentinpartien und mit diesen eine Gangmasse von Serpentin, Serpentinkonglomerat und Thon, die das Erz in Form isolierter Kugeln (noccioli) führt. Die Erzführung, aus Kupferkies, Buntkupfer und Kupferglanz be-



Kupfererzvorkommen von Szaszka im Banat: 1) Kreidekalk, 2) metamorphosierter, kristallinischer Kalk, 3) Banatit, 4) Gangarten, vorwaltend Granat (Kontaktbildung), 5) Kupfererze. Vgl. Text, S. 611.

stehend, ist unregelmäßig. Nicht nur sind die Noccioli ihrer Größe nach verschieden, sondern verschiedene Teile der Gangpartie erweisen sich auch bald als taub, bald als erzreich. Diese Unbeständigkeit ist wohl auch mit ein Grund, warum der Bergbau oft nur mit Einbuße geführt werden konnte, weil die reichsten zu Tage ausgehenden Erzmittel wohl schon vor zwei Jahrtausenden von den Etruskern, den alten Meistern der Schmiedekunst, verwertet worden sind.

Frankreichs Kupferproduktion ist unbeträchtlich. Geringe Mengen werden aus Gängen in den Departements Gard und Var, in den Niederen Pyrenäen und in Savoyen gewonnen. Die ehemals berühmten Kupferminen von Chessy bei Lyon sind längst erloschen und haben gegenwärtig nur noch mineralogisches Interesse. Auch in England ist der Kupferbergbau im Rückgange begriffen. Die wichtigsten Kupferminen enthält das durch seinen Zinnreichtum ausgezeichnete Ganggebiet von Cornwallis im südwestlichen England. Zahlreiche, 1—10 und mehr Meter mächtige Gänge durchsetzen hier devonische Schichten und sind in ihrer Verbreitung an eruptive Granite und Quarzporphyre gebunden.

Schweden und Norwegen gewinnen Kupfer an vielen Punkten (Falun, Röraas, Helgeland, Örkedal, Vigsnäs) auf Kieslagern, die sämtlich kristallinischen Schiefern eingelagert sind.

Im europäischen Rußland richtet sich die Kupfererzeugung hauptsächlich auf die sedimentären Kupfersandsteine, die ähnlich wie der Kupferschiefer in Deutschland der oberen Permformation eingeschaltet sind und sich in wenig gestörter, fast horizontaler Lagerung in den Gouvernements Perm, Jekaterinburg, Ufa und Orenburg über ein Areal von mehr als 18,000

Digitized by Google

Quadratmeilen ausdehnen. Im Ural werden namentlich die durch ihre schönen Malachitmassen berühmten Gruben in der Tagilsker Gegend (Rudiansk) ausgebeutet, während die am Kontakt von Silurkalkstein mit dioritischen und porphyrischen Eruptivgesteinen gelegenen Stöcke durch ihren Erzreichtum und ihren geologischen Bau Interesse verdienen. Auch die Gegend südlich vom Tagiler Dominium ist kupferreich.

Einige Worte seien noch über die Kupferlagerstätten Australiens hinzugefügt. Ihre Zahl ist beträchtlich; in Neusüdwales darf die Cobar-Kupfermine als wichtig hervorgehoben werden, die Gänge in silurischen Schiefern bebaut. In Queensland ist zunächst die Peak-Mine zu nennen, wo das Kupfer, ähnlich wie am Oberen See, an doleritische Mandelsteine geknüpft ist. Südaustralien verdankt wesentlich dem Kupferbergbau seinen Aufschwung, der zunächst von der überaus reichen Kontaktlagerstätte der Burra-Burra-Mine ausging. Später haben sich namentlich die an Porphyrite gebundenen Vorkommnisse der Wallaroo-Minen und der Moonta-Mine als ergiebig erwiesen. Auch die Halbinsel York, an deren östlicher Küste ein kleiner Gebirgszug entlang zieht, birgt reichliche Kupfermengen.

Die Kupferproduktion der wichtigsten Produzenten erhellt aus folgender Tabelle:

Staaten	1891	1892
Vereinigte Staaten von Nordamerika	137,579 Tonnen	166,277 Tonnen
Spanien und Portugal	54,342 "	55,967 "
Südamerika	29,015 "	29,015 "
Japan	18,500 "	19,000 "
Deutschland	16,250 "	17,960 "
Australien	7500 "	6500 "
Afrika	6120 "	6120 "
Rußland	4800 "	4300 "
Italien	2200 "	2500 "
Schweden und Norwegen	1720 "	1890 "
Österreich-Ungarn	1250 "	1185 "
Großbritannien	720 "	700 "

Die gesamte Kupferproduktion der Welt hatte Merton 1879 auf 149,156 und für das Jahr 1884 auf 208,313 Großtonnen geschätzt.

Blei. Große Dehnbarkeit, Geschmeidigkeit, geringe Härte, niederer Schmelzpunkt und hohes spezifisches Gewicht (11,352) sind die wesentlichen Eigenschaften, die wir an dem Metalle Blei wahrnehmen. Gegen chemische Einwirkungen wenig widerstandsfähig, kommt es in der Natur nur selten gediegen in draht- und haarförmigen, ästigen Gebilden oder kleinen Platten vor. Dagegen bildet es mit anderen metallischen und nichtmetallischen Stoffen eine Reihe von Verbindungen, unter denen das Bleisulfuret, der Galenit oder Bleiglanz die größte Wichtigkeit beansprucht, da der weitaus größte Teil des in Umlauf befindlichen Bleies aus ihm gewonnen wird. Der Bleiglanz besteht aus 86,6 Blei und 13,4 Schwefel, häufig mit einem kleinen Silbergehalt, und stellt sich als ein bleigraues Erz mit lebhaftem metallischen Glanz und deutlicher Spaltbarkeit dar, dessen frei liegende Partien in großen, würfelförmigen, seltener oktaëdrischen (s. die Tafel bei S. 591, Fig. 8) Kristallen ausgebildet sind. Von geringerer ökonomischer Bedeutung ist das Bleisulfat oder Anglesit, das Bleikarbonat, der Cerussit (Weißbleierz) und das Bleiphosphat oder Grünbleierz.

Bleierze können unter verschiedenen geologischen Verhältnissen auftreten. Bald erscheinen sie in Ausscheidungsflözen, bald in Lagern, bald in regelmäßigen Gängen; bald bilden sie, mit Zinkerzen vergesellschaftet, die Ausfüllung von unregelmäßigen Höhlungen im Kalkgebirge.

Digitized by Google

Deutschland bietet uns Beispiele für jede Art des Vorkommens dar. Zu den Ausscheidungsflözen haben wir die Lagerstätte von Kommern in der Eifel zu stellen. Hier erscheint über den devonischen Schichten eine Mulde von Buntsandstein (untere Trias) in einer Länge von drei Meilen und einer durchschnittlichen Breite von einer Meile. In der unteren Abteilung schalten sich Sandsteinflöze mit eigentümlichen Konkretionen, den „Knotten", ein. Diese bestehen aus Sandkörnern, die durch ein Bindemittel aus Bleiglanz, Weißbleierz und geringen Mengen von Kupfererzen zementiert sind. Die Knotten liegen bald dicht gedrängt beisammen, bald kommen sie nur vereinzelt vor. Der Abbau wird auf dem Bleiberge zwischen Call und Mechernich betrieben. Lagerform zeigt ausgeprägt der bereits besprochene Rammelsberg, wo Bleierze mit Kupferkiesen zusammen einbrechen. Als Typus der Gangform können wir die Lagerstätte von Klausthal im nordwestlichen Harz betrachten. Die Schichten des Kulms und Devons werden hier von mächtigen Verwerfungsspalten durchzogen, die mit zertrümmertem Nebengestein, Grauwacke und Thonschiefer, Quarz, Kalkspat, Schwerspat, silberhaltigem Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies, erfüllt sind. Diese Gänge können bis zu 40 m Mächtigkeit erreichen, treten manchmal zu Scharungen zusammen und ordnen sich zu Gangzügen, die ein unterhalb des Brockens auslaufendes Strahlensystem bilden. Ausgezeichnete Bleiglanz-Gangzüge erscheinen ferner im Unterdevon des Rheinischen Schiefergebirges; ein solcher Gangzug läßt sich von Peterswalde bis Holzappel an der Lahn auf eine Länge von 7 3/4 Meilen verfolgen. Ferner erstreckt sich ein Gangzug von Braubach am Rhein über das Lahnthal bei Ems bis nach Dernbach. Das Ganggebiet von Freiberg im sächsischen Erzgebirge, das ebenfalls ziemlich viel Blei ausbringt, wurde schon (S. 603) beschrieben. Nach dem Typus der Höhlenfüllungen endlich sind die reichen Blei- und Zinklagerstätten in Oberschlesien gebaut, die bereits um 1230, als die Probstei Beuthen gestiftet wurde, die Entfaltung eines blühenden Bergbaues veranlaßt haben. Man unterscheidet in Oberschlesien zwei flache, im unteren Muschelkalke gelegene Erzmulden, von denen die eine die reichsten Zinklagerstätten enthält (vgl. unten, S. 619), während die andere hauptsächlich auf Blei ausgebeutet wird. Diese breitet sich bei Tarnowitz über eine Fläche von etwa einer Quadratmeile aus und besteht aus vielen, unregelmäßig gestalteten Erznestern, die durch taube Partien getrennt sind, aber stets ein bestimmtes Niveau in der mittleren Partie des unteren Muschelkalkes einhalten. Denselben Typus repräsentieren ferner die Lagerstätten von Brilon und Iserlohn in Westfalen und die zwischen Aachen und Philippeville in Belgien.

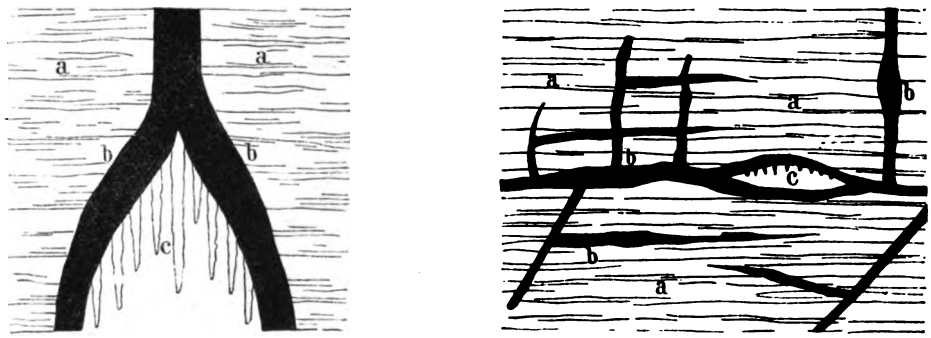
Unter den Bleierzlagerstätten Österreichs verdienen neben dem bereits besprochenen Przibramer Ganggebiete (vgl. S. 604) vornehmlich die südalpinen, die an obertriadische Kalke und Dolomite gebunden sind, eine eingehende Würdigung. In der Lokalität Raibl in Kärnten liegen die erzführenden Kalke und Dolomite über den Tuffen von Kaltwasser und werden von einem schieferigen Verbande, den Raibler Schichten, überlagert. Die Schichten des erzführenden Kalksteines werden von mehreren nordsüdlich verlaufenden Klüften, den „Blättern", um 40—60 m verworfen. Über Tags äußern sich diese Blätter durch die Thalbildung der „Klammen"; unter Tags erkennt man, daß das Bleierz stets an die Blätter gebunden ist. Es verlaufen nämlich neben den Blättern mehr oder minder unregelmäßig gestaltete Höhlungen, die mit Krusten von Bleiglanz, Schalenblende, Eisenkies und Dolomit ausgekleidet sind. Davon verschieden und räumlich getrennt sind die Zinklagerstätten von Raibl, die nicht als Hohlraumausfüllungen, sondern als Pseudomorphosen nach Kalkstein aufzufassen sind. Analoge Lagerstätten wie in Raibl erscheinen in den Lokalitäten Greifenburg, Deutsch-Bleiberg, Villach, Klagenfurt. Auch die Trias der Bayrisch-Tiroler Nordalpen enthält ähnliche Blei-Zinkminen von geringerer Wichtigkeit.

In England ist der Bleibergbau von hohem Alter: manche Lagerstätten, wie die von Cardiganshire und Shropshire, wurden bereits von den Römern ausgebeutet. In Cumberland

Digitized by Google

und Derbyshire erscheinen Bleierze in queren Gangspalten und Schichtungsklüften im Kohlenkalke. Wichtige Bergbaue befinden sich ferner in Montgomeryshire, North Wales, Carnarvonshire, Yorkshire, Cornwall und auf der Insel Man. Frankreich gewinnt Blei aus unregelmäßigen Taschen und Höhlungen im Liaskalke von Parran (Departement Gard) in den Cevennen, aus Gängen im Gebiete von Poullaouen und Huelgoat bei Morlaix in der Bretagne, ferner im Gebiete von Aveyron in Südfrankreich und in der Gegend von Forez und Pontgibaud, unweit Clermont. Die Gänge der letztgenannten Gegend enthalten Schwerspat neben silberhaltigen Bleierzen, Zinkblende, Kupfererzen als charakteristische Gangart und befinden sich in der Nähe der erloschenen Vulkane der Auvergne. Die Gänge des Aveyrongebietes setzen in kristallinischen Schiefern auf und finden sich nur da, wo diese von vulkanischen Gesteinen durchbrochen werden; der genetische Zusammenhang zwischen beiden ist hier unbezweifelbar.

Spaniens Bleierzlagerstätten zeichnen sich durch große Produktivität aus. In einigen haben nacheinander die Phöniker, Karthager und Römer, teilweise auch die Araber Bergbau



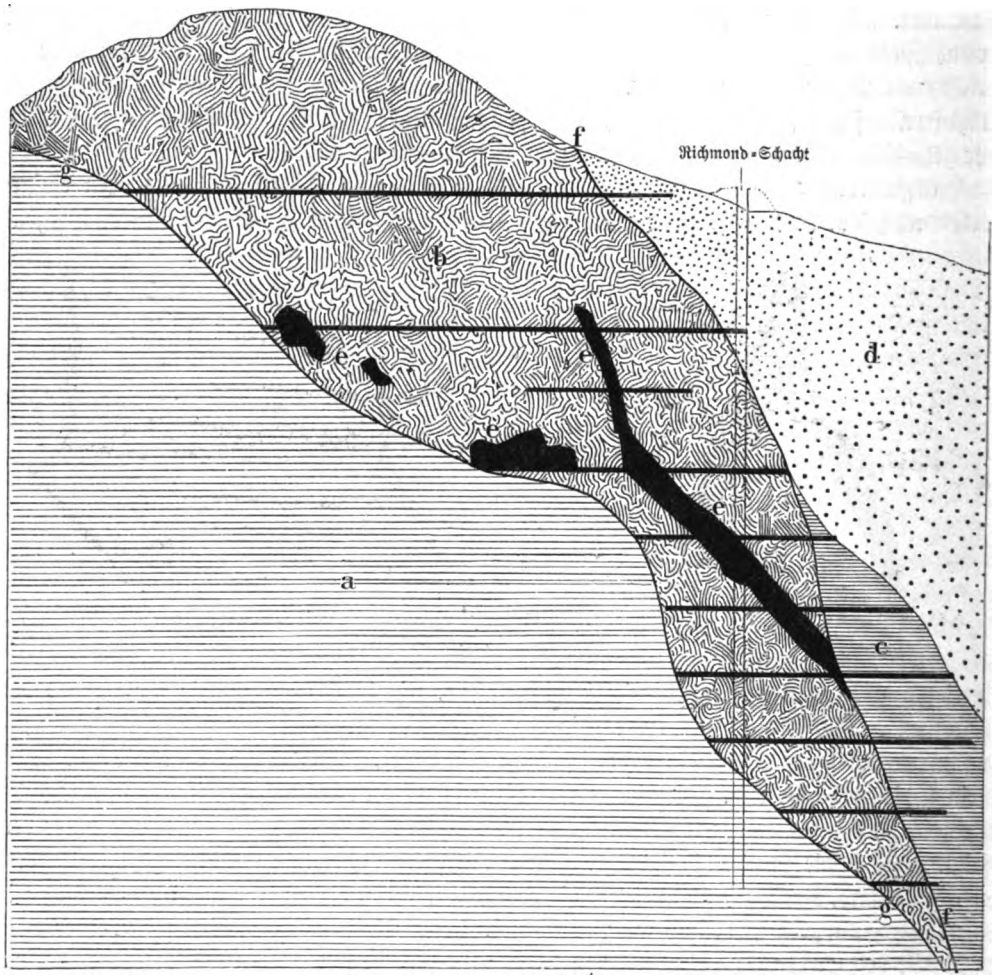
Höhlenfüllung im Dolomit am oberen Mississippi: a) Dolomit, b) Bleierz, c) Kalkfinter. (Nach Whitney.)
Vgl. Text, S. 616.

betrieben und Spuren ihrer Thätigkeit hinterlassen, wie in Linares und in der Gegend von Cartagena. Das Gebiet von Linares in den Ausläufern der Sierra Morena wird aus Granit zusammengesetzt, auf dem isolierte Partien von rotem Thon, Quarzkonglomerat und rotem Sandstein horizontal aufruhen. Die Gänge durchsetzen sowohl den Granit als die darauf gelagerten Sedimente, können bis zu 8 m mächtig werden und wurden teilweise bis auf 6 km Länge verfolgt. Bald ist die ganze Mächtigkeit der Gänge mit derbem Bleiglanz erfüllt, bald bildet Nebengestein, Quarz, Kalkspat und Bleierze, die Füllung. In den oberen Teufen ist der Bleiglanz in Weißbleierz umgewandelt, und am Ausgehenden treten Eisen und Kupfererze hinzu. Der Bleierzdistrikt von Cartagena zieht sich von der Stadt östlich der Meeresküste entlang. Das Gebirge besteht hauptsächlich aus Kalkstein, in dem die Bleierze als Füllung von Gängen, Taschen und Höhlungen erscheinen. Ein ausgezeichnetes Bleierzganggebiet bildet das der Sierra de Gador (Provinz Almería). Wenige, aber mächtige und erzreiche Gänge durchsetzen hier Thonschiefer und Glimmerschiefer und zeichnen sich durch lagerförmige Anordnung der Gangarten aus.

In Nordamerika war früher die Bleigewinnung auf den mittleren und östlichen Teil des Landes beschränkt. Mit dem Aufschwunge des Silberbergbaues und der Vervollständigung des Eisenbahnnetzes im Westen hat sie sich auch dorthin verpflanzt und hat nunmehr im Westen einen ihrer Hauptsitze. Im Osten Nordamerikas, in den Staaten New York, Tennessee, Virginia, erscheinen Bleierze zum Teil in Gängen im Silur und in der Gneiszone des Alleghanygebirges, zum Teil in regelmäßigen Flözen. Die Bleierzflöze schalten sich bei Austin in Virginia, Knoxville in Tennessee, Friedensville in Pennsylvanien und an anderen Orten in den wohlgeschichteten

Digitized by Google

Dolomit der untersiluriſchen Trentongruppe ein und können bis zu 6 m Mächtigkeit erreichen. Im mittleren Teile des Landes befinden ſich die früheren Hauptgegenden des amerikaniſchen Blei- und Zinkbergbaues: der Galenadiſtrikt am oberen Miſſiſſippi an der Grenze der Staaten Wisconſin, Jowa und Illinois und der ſüdliche Miſſouridiſtrikt. Die Lagerſtätten des Galenadiſtriktes ſind auf einen Flächenraum von 140 geographiſchen Quadratmeilen verteilt und gehören zu den



Durchſchnitt durch die Eureka-Mine, Nevada: a) Proſpect-Mountain-Quarzit, b) Proſpect-Mountain-Kalk, zertrümmert, c) Proſpect-Mountain-Kalk, wohlgeſchichtet, d) Secret-Cañon-Schiefer, e) Erzkörper, f f) Ruby-Hill-Bruchlinie, g g) Secondary-Fiſſure, Bruchlinie. (Nach Curtis.) Vgl. Text, S. 617.

Höhlenfüllungen. Bald ſind es ſchmale, vertikale Spalten, hier und da mit bauchigen Erweiterungen, bald größere, unregelmäßige Hohlräume, die im Galenadolomit der untersiluriſchen Trentongruppe auftreten und mit Blei- und Zinkerzen, zuweilen von Kalkſpat, Schwerſpat und Schwefelkies erfüllt ſind (ſ. Abbildung, S. 615). Im Miſſouridiſtrikt liegen Blei- und Zinkerze unter ähnlichen geologiſchen Verhältniſſen in ſiluriſchen und karboniſchen Kalken. Eine der Gruben dieſes Diſtriktes, die Mine La Motte, wurde ſchon im vorigen Jahrhundert betrieben.

Im Weſten der Vereinigten Staaten beteiligen ſich die Staaten Utah, Nevada, Colorado, Kalifornien und Montana an der Bleiproduktion. Aus der Reihe der zahlreichen Blei-Silber-

Digitized by Google

lagerstätten, von denen einige schon im vorhergehenden (vgl. oben, S. 602) genannt worden sind, seien hier nur zwei besonders hervorgehoben, die in neuerer Zeit eine große ökonomische Bedeutung und zugleich eine eingehende geologische Beschreibung erlangt haben: die Lagerstätten von Leadville in Colorado und vom Eurekadistrikt in Nevada. Die Stadt Leadville, die in kurzer Zeit durch den Bleibergbau erblüht ist, liegt in 10,150 engl. Fuß Meereshöhe am Westabhang der Mosquitokette. Das Gebiet wird aus archäischen, kambrischen, silurischen und karbonischen Gesteinen zusammengesetzt, die von mesozoischen Porphyren durchbrochen werden. Die Erze sind hauptsächlich an die Gesteinsgrenze der Porphyre gegen den Kohlenkalk gebunden und werden von Emmons als Produkt der Auslaugung metallischer Bestandteile aus den Porphyren und einer pseudomorphen Umwandlung des Dolomits oder Kalksteines erklärt. Der Grubendistrikt von Eureka liegt auf dem nördlichen Ausläufer des Prospect-Gebirges in der Diamond-Kette des östlichen Nevada. Kambrische, silurische und devonische Schichten beteiligen sich neben alten Graniten an der Zusammensetzung des Gebirges und werden von vielen Eruptivgesteinen, Quarzporphyren, Rhyolithen, Andesiten und Basalten durchbrochen. Der Prospect Mountain und der sich nördlich anschließende Ruby Hill bestehen fast nur aus kambrischen Schichten, die zu einem nordsüdlich streichenden Gewölbe zusammengepreßt sind und von zahlreichen Längs- und Querspalten durchsetzt werden. Am Ruby Hill sind namentlich zwei Spalten von Bedeutung, von denen eine an der Grenze zwischen Kalkstein und Quarzit verläuft (s. Abbildung, S. 616). In den südöstlichen Teil der Hauptspalte ist Rhyolith eingedrungen; der nordwestliche ist nur mit Letten ausgefüllt. Diese beiden Spalten umschließen eine keilförmige Masse von Prospect-Mountain-Kalkstein, die durch und durch zerrüttet und zerstückelt ist und die Erze in regelloser Anordnung enthält. Die Erze, in der Tiefe aus silberhaltigem Bleiglanz, mit Blende, Pyrit und Arsenopyrit, in den oberen Regionen aus Anglesit, Cerussit und Brauneisenerz bestehend, füllen bald Spalten, bald nest- oder stockförmige Hohlräume von bedeutender Größe aus. Nach Curtis stehen die Rhyolitheruption und die Erzbildung in ursächlichem Zusammenhang. Im Gefolge des Ausbruchs dürften Solfataren entstanden und Thermalwasser emporgestiegen sein, die die Metallsulfide mitbrachten und sie in den Klüften und Höhlungen des zerrütteten Kalksteins niederlegten.

Die Gesamtproduktion der Welt an Blei wurde von Landsberg für das Jahr 1884 auf 450—500,000 Tonnen geschätzt. Daran beteiligten sich mit den höchsten Ziffern die Staaten Nordamerika, Deutschland und Spanien, und zwar Nordamerika mit 139,897 Tonnen, Deutschland mit 98,814 Tonnen und Spanien mit 90,000 Tonnen. Im Jahre 1881 berechnete man den Stand der Bleiproduktion der Welt folgendermaßen:

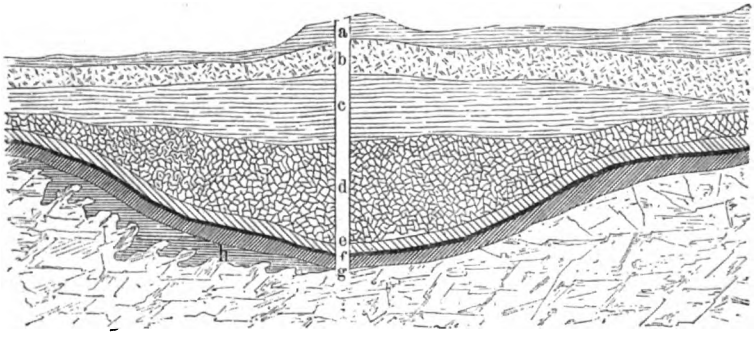
Staaten	1881	Staaten	1881
Spanien	120000 Tonnen	Italien	10000 Tonnen
Nordamerika	105000 "	Griechenland	9000 "
Deutschland	90000 "	Belgien	8000 "
England	67000 "	Österreich	6000 "
Frankreich	15000 "	Rußland	1500 "

Noch im Jahre 1881 war demnach Spanien der Hauptbleiproduzent der Welt, wurde aber in der Folge von Deutschland, noch mehr von Nordamerika überflügelt. Einen eigentümlichen Gang hat die Bleiproduktion in Nordamerika genommen. Nordamerikas Bleigewinnung konnte trotz vieljähriger Entwickelung den einheimischen Bedarf lange Zeit nicht decken, und Europa fand dort einen willkommenen Abnehmer für seinen Überschuß an Blei. Dies hatte seinen Grund keineswegs in einer natürlichen Armut des Landes, sondern in der Mangelhaftigkeit des Verkehrs

Digitized by Google

und in dem Umstande, daß sich die meisten Kräfte der lohnenderen Ausbeute der Edelmetalle widmeten. Erst in der Mitte der siebziger Jahre konnte man sich den noch jungfräulichen Bleilagerstätten im Westen energisch zuwenden und brachte die Produktion fast plötzlich auf eine solche Höhe (1889: 183,000 Tonnen), daß Nordamerika zum wichtigsten Bleiproduzenten der Erde wurde. Seitdem fand nicht nur keine nennenswerte Einfuhr mehr dorthin statt, sondern es entwickelte sich sogar eine Ausfuhr, die ein rasches Sinken der Bleipreise in Europa zur Folge hatte. Spaniens Produktion ging stark zurück, während Deutschland, trotz der drückenden amerikanischen Konkurrenz, bis 1884 noch immer eine Steigerung seiner Produktion aufweisen konnte, jedoch im Jahre 1885 seine Produktion um 2600 Tonnen niedriger stellen mußte als im Vorjahre.

Zink. Gewisse Zinkerze wurden schon im Altertum und im Mittelalter in Verbindung mit Kupfer zur Darstellung von Messing verwendet, ohne daß man das metallische Zink gekannt hätte. Andere Zinkerze wußte man gar nicht zu verwerten und ließ sie, wenn sie der mitvorkommenden Bleierze wegen gefördert werden mußten, unbeachtet auf den Bergwerkshalden liegen.



Eisen-, Blei- und Zinkvorkommen in Oberschlesien: a) Letten, b) schwimmendes Gebirge, c) Letten, d) Eisenerze, e) Dolomit, f) Bleierzlage, g) roter Galmei, h) weißer Galmei, i) Sohlenkalkstein. (Nach Sage.) Vgl. Text, S. 619.

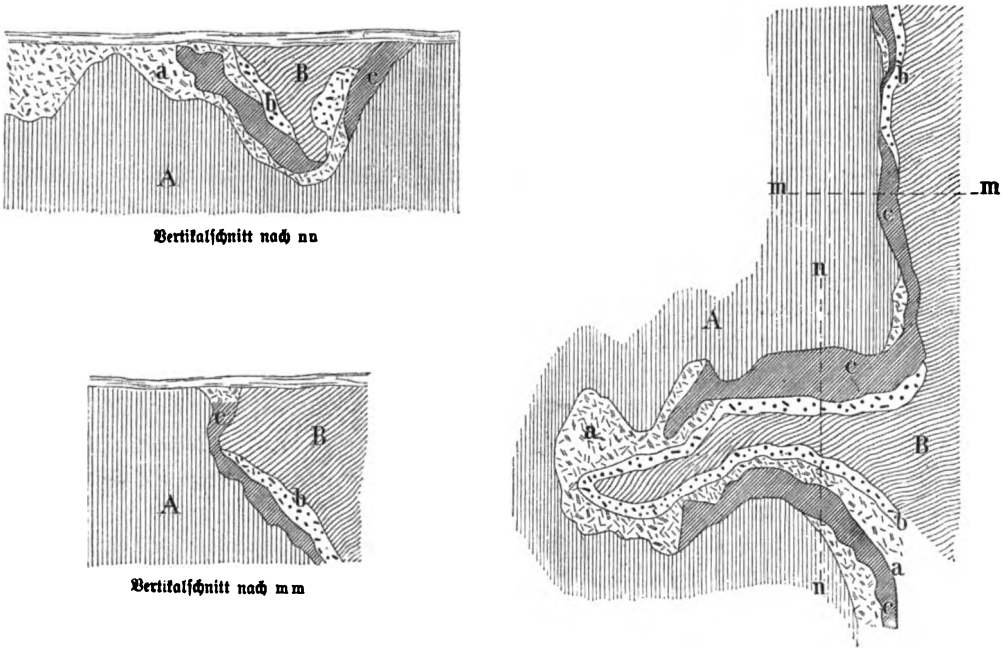
Im 16. Jahrhundert wurde das metallische Zink bekannt; aber erst im vorigen Jahrhundert begann die Zinkdarstellung im großen. Die technische Bedeutung dieses Metalles wurde trotzdem noch lange Zeit nicht gehörig gewürdigt. Erst als man erkannt hatte, daß das Zink einerseits vor dem Kupfer und dem Eisen den Vorzug leichterer Schmelzbarkeit und größerer Dehnbarkeit voraus hat, anderseits das Blei durch größere Festigkeit und Leichtigkeit (spezifisches Gewicht 6,8—7,3) übertrifft, hat seine Verwendung einen größeren Aufschwung genommen. Jetzt ist die Wichtigkeit des Zinks durch die Verwendung der galvanischen Elektrizität bedeutend gestiegen.

Blende und Galmei sind die wichtigsten Erze dieses in der Natur gediegen nicht vorkommenden Metalles. Die **Zinkblende** oder Sphalerit ist eine Verbindung von 67 Zink und 33 Schwefel und bildet reguläre, oft zu Zwillingen verwachsene Kristalle von halbflächiger Ausbildung mit lebhaftem Glanz und brauner Färbung (s. die Tafel bei S. 591, Fig. 4). Unter der Bezeichnung **Galmei** faßt der Bergmann zweierlei Erze zusammen: das Zinkkarbonat, Zinkspat oder Smithsonit mit 64,8 Zinkoxyd und 35,2 Kohlensäure und das Kieselzinkerz, Calamin oder Hemimorphit mit 25 Kieselsäure, 67,5 Zinkoxyd und 7,5 Wasser. Das erste Erz kristallisiert in rhomboedrischen, das zweite in rhombischen Kristallen; beide erscheinen aber viel häufiger in derben, traubigen, nierenförmigen oder faserigen Aggregaten von gelblicher oder bräunlicher Färbung. Außerdem erscheint das Zink noch als Bestandteil mehrerer anderer Minerale, die keine besondere Bedeutung als Erze haben.

Bei Besprechung der Bleierzlagerstätten wurde hervorgehoben, daß in der Natur Zink so oft mit dem Blei vergesellschaftet vorkommt, daß fast auf allen Bleierzbergwerken auch mehr oder minder erhebliche Mengen von Zinkerzen gewonnen werden. Daher zu dem, was schon über die Blei-Zinklagerstätten mitgeteilt worden ist, nur noch einige ergänzende Bemerkungen.

Digitized by Google

Zuweilen brechen Blei und Zink wohl in demselben Erzdistrikt ein, lassen aber doch eine gewisse räumliche Trennung erkennen, wie in den Südalpen bei Raibl oder in Oberschlesien. In Oberschlesien erscheinen die wichtigsten Zinkerzlagerstätten in einer etwa 3 Meilen langen, 1/4—1/2 Meile breiten Mulde, die sich westöstlich von Miechowitz bei Beuthen bis nach Czeladz und Bendzin in Russisch-Polen hinzieht (s. Abbildung, S. 618). Die Zinkerze liegen hier wie die Bleierze in der mittleren Abteilung des unteren Muschelkalkes. Sie breiten sich auf dem „Sohlenkalkstein" aus, füllen dessen topf- oder taschenartige Vertiefungen aus und dringen wohl auch in kurze Spalten und Klüfte ein. Die Decke der Erzlager bildet bald der Dolomit des unteren Muschelkalkes, bald tertiäre Thone und Sande. Die Zinkerze, Zinkspat, Kieselzink und



Blei-Zinklagerstätte von Welkenraedt: A) Kalk, B) Schiefer, a) Letten mit Eisenstein, b) Schiefer mit Bleiglanz, c) Galmei. (Nach M. Braun.)

Blende sind selten ganz rein, sondern meist mit Brauneisenstein, Letten, Dolomit und Kalkspat gemengt. Die oberschlesische Galmeimulde erstreckt sich bis nach Russisch-Polen und in die Gegend von Ploki bei Krakau in Galizien. Die nächst wichtigsten europäischen Zinkdistrikte sind die rheinisch-belgischen. Die obenstehende Abbildung gibt ein Bild des geologischen Baues der bekannten Lagerstätte von Welkenraedt, wo sich die Zinkerze, begleitet von Bleiglanz und Eisenerzen, an der Grenze von Kohlenkalk und Kohlenschiefer einstellen. Geologische Verhältnisse, die von denen aller anderen Zinkerzlagerstätten gänzlich verschieden sind, weist das Vorkommen von Ammeberg bei Askersund (Wettern) in Schweden auf. Hier erscheint Zinkblende als Imprägnation von Gneis, indem sie zuerst untergeordnet auftritt, allmählich aber alle Bestandteile des Gneises verdrängt, der in einer Mächtigkeit von 15—20 m und auf eine bedeutende Ausdehnung im Streichen in ein körniges Blendegestein umgewandelt ist. In Sardinien liegen die Zinkerze in silurischen Kalksteinen und werden am lebhaftesten am Monte Poni bei Iglesias ausgebeutet. Sie bilden einzelne stockförmige Massen im Kalkstein und sind von den in der Nähe vorkommenden Bleierzen räumlich getrennt.

Digitized by Google

Unter den zinkproduzierenden Staaten nimmt gegenwärtig Deutschland den ersten Rang ein; dann folgen Belgien und England, Frankreich und Spanien. Bedeutende Mengen von Zinkerzen liefern Sardinien und Schweden; ihre Verhüttung erfolgt aber zumeist in Belgien. Unter den nordamerikanischen Staaten weist Illinois die größte Produktion auf. In den Jahren 1891 und 1892 war der Stand der Zinkerzeugung folgender:

Produktionsgebiete	1891	1892
Rheindistrikt und Belgien	139,695 Tonnen	143,505 Tonnen
Schlesien	87,080 "	87,760 "
Vereinigte Staaten von Nordamerika (1889)	58,860 "	—
Großbritannien	29,401 "	28,590 "
Frankreich und Spanien	18,360 "	18,462 "
Österreich	7135 "	5020 "
Polen	3760 "	4270 "

Aus dem Vergleich mit den vorhergehenden Jahren ergibt sich, daß die Produktion im allgemeinen zunimmt. Ebenso wächst auch der Verbrauch an Zink, obwohl nicht in demselben Maße wie die Produktion.

Zinn. Das Zinn ist ein bei gewöhnlicher Temperatur silberweißes, sehr geschmeidiges Metall vom spezifischen Gewicht 7,29. Fast so weich wie Blei und leicht schmelzbar, widersteht es doch trefflich den oxydierenden Einflüssen der Luft und der Feuchtigkeit. Nur äußerst selten erscheint es in der Natur gediegen, und auch in Verbindungen mit anderen Stoffen tritt es nicht häufig auf. Nur ein Zinnmineral ist als Erz von ökonomischer Bedeutung: der Zinnstein oder Cassiterit. Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist der Zinnstein nichts weiter als Zinnoxyd ($Sn O_2$) mit 78,6 Zinn und 21,4 Sauerstoff; er bildet schöne, lebhaft glänzende, tetragonale Zwillingskristalle (s. die Tafel bei S. 591, Fig. 2) oder derbe, seltener faserige Aggregate von nelkenbrauner bis schwarzer Färbung.

Die geologischen Verhältnisse, unter denen das Zinnerz auf ursprünglicher Lagerstätte erscheint, sind ebenso merkwürdig wie gleichförmig. Stets sind es kieselsäurereiche, vollkristallinische oder porphyrische Quarzglimmer- und Quarz-Feldspatgesteine eruptiver Natur (Granit, Granitporphyr, Greisen), an die die primäre Zinnführung gebunden ist. Wo zinnerzführende Gesteine zu Tage ausgehen und verwittern, da mußte Zinnerzgrus in die losen Anschwemmungsbildungen, den Sand und Schlamm der Thäler und Gehänge, übergehen. Es entstanden zinnerzreiche Anschwemmungen, die „Zinnseifen", die, ähnlich wie die Goldseifen, zuerst die Aufmerksamkeit des Menschen auf dieses Metall gelenkt haben. Ihre Ausbeutung ging stets der Auffindung der primären Lagerstätten voran.

Von alters her berühmt sind die Zinnerzgruben des böhmisch-sächsischen Erzgebirges. Das nach Ostnordosten streichende Erzgebirge wird von zahlreichen porphyrischen Eruptivmassen unregelmäßig durchbrochen. Darinnen treten an mehreren Stellen (Zinnwald, Altenberg, Kahlenberg, Graupen und Mückenturm) granitische Gesteine auf, in denen der Zinnerzbergbau umgeht. Bei Zinnwald taucht innerhalb des Porphyrs eine elliptische Granitkuppe von ungefähr 1360 m Länge und 480 m Breite auf, die eigentlich aus einem System von übereinander lagernden Schalen oder Kappen besteht, deren Form mit der äußeren Gestalt der Kuppe übereinstimmt. Da der Porphyr und der Granit durch Übergänge zu einer Einheit miteinander verbunden sind, macht es hier nach Reyer den Eindruck, „als ob hier in einem noch nicht erstarrten Porphyrerguß ein Nachschub von granitischem Teig kuppenartig aufgestiegen sei". Die ganze Granit- und Greisenmasse enthält Zinnerz in feinster Verteilung, jedoch nicht in bauwürdiger Menge (1/4 Prozent). Der

Digitized by Google

Abbau folgt daher den zinnerzreicheren, 10—73 cm mächtigen Absonderungsräumen zwischen den einzelnen flachen Schalen, die Quarz, Lithionglimmer, Flußspat, Zinnstein, Wolfram, Zinnkies, Bleiglanz, andere Erze und seltene Minerale führen. Außerdem wird der ganze zinnführende Stock von schmalen, steilen, nach Nordosten streichenden Gängen durchsetzt, die ebenfalls mit verschiedenen Mineralen und Zinnstein erfüllt sind.

Ähnlich sind die Verhältnisse in Altenberg im sächsischen Erzgebirge. Auch hier bildet das Zinnstockwerk eine granitische Masse von etwa 900 m Länge und Breite, die in unbekannte Tiefen niedersetzt und allseitig in Porphyr, Granitporphyr und Granit übergeht. Der technisch wichtige Teil des Stockwerkes ist der „Zwitter", ein dunkles, wesentlich aus Quarz und chloritähnlichem Glimmer bestehendes, greisenartiges Gestein, das mit Zinnerz in feiner, mit freiem Auge nicht erkennbarer Form imprägniert ist (1/2—1/8 Prozent). Der Zwitter mußte bei dieser Art der Erzverteilung als Ganzes herausgehoben werden, und als der oberste Teil zum großen Teile abgebaut war, fand ein großartiger Einsturz statt, es entstand eine riesige „Pinge", die die Stelle des ehemals so blühenden Bergbaues schauerlich kennzeichnet.

Imprägnation mit Zinnerz in East Huel Lovell, Kirchspiel Wendron, Cornwall: a b) schmaler Gang von Quarz und eisenschüssigem Thon, zu dessen beiden Seiten das Gestein mit Zinnerz imprägniert ist, c) Granit. (Nach Le Neve Foster.)

Der Westen des Erzgebirges beherbergt Zinnerze in den Örtlichkeiten Hengstererben, Platten, Ehrenfriedersdorf, Marienberg, Geyer und Eibenstock. In der Fortsetzung dieses Gebietes liegt der Bergbau von Schlaggenwald im nordwestlichen Böhmen.

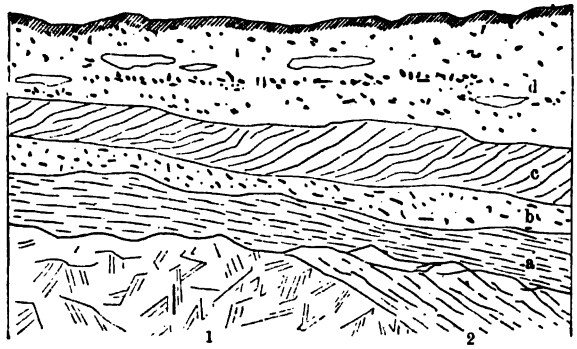
Das zweite Hauptzinngebiet Europas bildet die Halbinsel Cornwall im äußersten Südwesten Englands. An der Zusammensetzung des Bodens beteiligen sich hauptsächlich devonische Schiefer, aus denen mehrere Granitmassen inselförmig auftauchen. Die Granite wie die Schiefer (Killas) werden von zahlreichen Porphyrgängen (Elvans) durchzogen, die zum Teil wahrscheinlich Apophysen des in der Tiefe weiter ausgebreiteten Granits, zum Teil aber auch jünger als der Granit sind. In der Nähe der Graniteinseln brechen zahlreiche, ungefähr ostwestlich streichende Gänge ein, die sich nie weiter als 2—3 englische Meilen vom Granit entfernen und daher mit diesem in genetischen Zusammenhang gebracht werden müssen. Wo sich die Erzgänge mit Porphyradern kreuzen, sind sie erzreicher; die Adern wirken also veredelnd. Die Füllung der Erzgänge besteht hauptsächlich aus Quarz mit Zinnstein und Kupfererzen, zahlreichen anderen Nebenerzen und Gangmineralen. Nach der vorwiegenden Füllung unterscheidet man Kupfer- und Zinngänge; doch ist der Unterschied nicht scharf. Außerdem sind sowohl die Granite als die Porphyre stellenweise mit feineren Zinnerzgängen so durchwachsen, daß wirkliche Zinnstockwerke entstehen können. Endlich kommt es vor, daß das geschichtete Gebirge von zinnhaltigen Adern, den tin floors, durchwebt erscheint. Eine merkwürdige Art veranschaulicht die obenstehende Abbildung. Gewöhnlicher Granit ist von einer dünnen, mit Quarz und eisenhaltigem Thon erfüllten Spalte durchzogen. Zu beiden Seiten der Spalte ist der Granit mit Zinnerz reich imprägniert, das auch hier von Flußspat und verschiedenen Kiesen begleitet ist.

Während in Europa das Zinn nur noch in tiefen Bergbauen gewonnen werden kann, bergen gewisse Landstriche von Ostasien und Australien noch zinnführendes Schwemmland in weiter Ausdehnung. Die Entdeckung dieser reichen Zinnseifen erfolgte im Jahre 1710 auf der Insel Banka. Später wurden Zinnseifen in Malakka und im Jahre 1852 auf Billiton aufgedeckt. Erst in den siebziger Jahren hat man erkannt, daß sich der Zinnreichtum Hinterindiens

Digitized by Google

auch nach Australien fortsetzt, wo Zinnerze im Küstengebirge der Provinzen Victoria, Neusüdwales und Queensland zum Vorschein kommen. Die Fortsetzung der australischen Zinnregion wiederum hat man auf Tasmanien entdeckt. Auch im australischen Zinngebiet ist die Zinnführung an Granit und Porphyr, am Mount Bischoff in Tasmanien an porphyrartigen Topasfels geknüpft. Ebenso bestehen Banka (s. untenstehende Abbildung), Billiton und Malakka größtenteils aus Granit und enthalten das Zinnerz unter ähnlichen Verhältnissen wie anderwärts. Die Zinnvorräte, die die Alluvionen dieser Gebiete enthalten, sind gegenwärtig noch so reich, daß man sich zumeist auf die Ausbeutung der Seifen beschränkt und noch nicht gezwungen ist, die ursprünglichen Lagerstätten aufzusuchen.

Außer diesen drei Hauptzinngebieten: dem Erzgebirge, Cornwall und Hinterindien-Australien-Tasmanien, sind auch andere Gegenden durch Zinnführung ausgezeichnet: Bolivia, die spanische Provinz Galicien, die Bretagne, Campiglia Marittima in Italien, Finnland, China und Japan, Durango und Chihuahua in Mexiko, die Staaten Maine, Missouri und Kalifornien in Nordamerika und mehrere andere. Bei Ashland in Alabama wurde ein neuer Bergbau, die Broad-Arrow-Mine, in zinnführendem Granit und Gneis eröffnet, ferner in Dakota die Etta-Mine. Von den genannten Vorkommnissen sind jedoch die meisten bekanntermaßen so unbedeutend, daß sie wohl nur theoretisches Interesse wachrufen; nur wenige dürften praktische Bedeutung gewinnen.



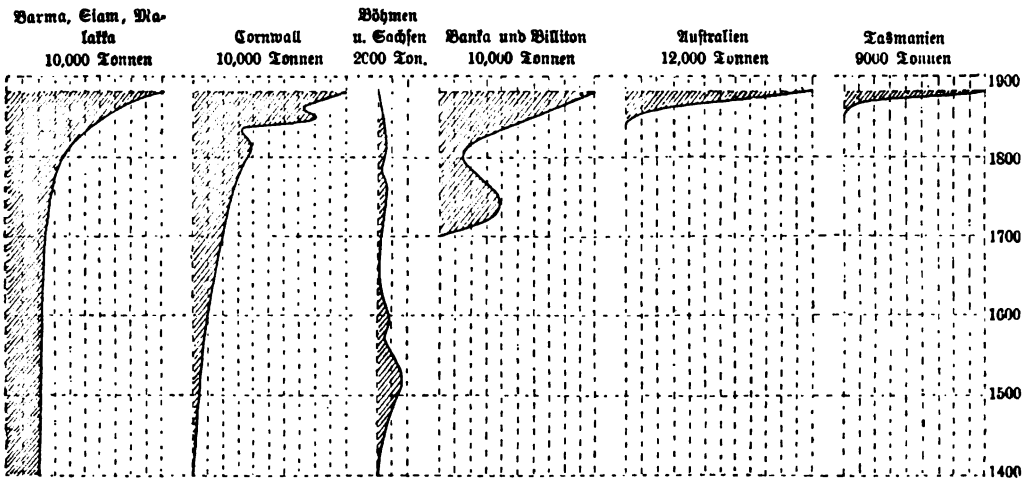
Zinnseifen von Banka: 1) Granit, 2) metamorphischer Schiefer; a) zinnerzführende Lage, b) grober Sand, c) roter, weißer und dunkler Thon, d) grober Sand mit Taschen von Lehm und feinem Sand, wenig Zinnerz.

Das Zinn bietet demnach eine solche Konzentration der Gewinnungsorte dar, wie nur wenige andere Metalle, ausgenommen das Quecksilber. In den gegenwärtigen Hauptgebieten hat die Zinnindustrie ein hohes Alter. Am frühesten dürften wohl die hinterindischen Wäschen ausgebeutet worden sein. Von da mußten die asiatischen Kulturstaaten schon in vorhistorischer Zeit das für die Bronzebereitung notwendige Zinn beziehen, und während des Altertums, des Mittelalters und tief in die Neuzeit hinein hat der große Bedarf hier seine hauptsächlichste Deckung gefunden. Auch China, wo die Bronze-Industrie nach v. Richthofen namentlich um 1800—1500 und um 1100—900 v. Chr. geblüht hat, dürfte seinen Bedarf zum Teil aus dieser Quelle bezogen haben; zum Teil beutete es eigene Lagerstätten aus. In den Mittelmeerländern vermittelten die Phöniker den Zinnhandel und brachten Zinn aus Spanien und Britannien. England blieb lange Zeit Europas wichtigster Zinnproduzent; bis zum 14. Jahrhundert wurden vorwiegend die Zinnwäschen in Devon ausgebeutet; dann ging man allmählich zum Gangbergbau in Cornwall über. Im 12. und 13. Jahrhundert tauchte das sächsisch-böhmische Zinn auf, im 14. Jahrhundert erlangte Graupen hohe Bedeutung, in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts kamen Altenberg und Schlackenwald hinzu. Und als in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts die Zinnproduktion einen lebhaften Aufschwung nahm, regte sich auch in vielen anderen Orten des sächsisch-böhmischen Erzgebirges bergbauliche Thätigkeit. Bald aber geht die Produktion in diesem Gebiete wieder zurück, während Cornwall eine stets steigende Produktion aufzuweisen hat und sich noch immer als ergiebig behauptet. Hinterindien (Straits Settlements) lieferte seit langem auch für den europäischen Markt bedeutende Zinnmengen. In den siebziger Jahren unseres Jahrhunderts traten Australien und

Digitized by Google

Tasmanien hinzu, und diese Länder behaupten nunmehr den ersten Rang unter den Zinngebieten der Gegenwart. Die untenstehende, von Reyer entworfene Tabelle gibt ein anschauliches Bild über die Zinnproduktion der Vergangenheit bis zum Jahre 1880; zu ihrer Ergänzung seien folgende Produktionsziffern hinzugefügt:

	1891:	
Straits Settlements, Banka, Billiton . .	42,560	Kleintonnen
England	9354	"
Australien	5999	"
Kalifornien	162,000	Pfund.



Graphische Darstellung der Zinnproduktion von 1400—1880. (Nach Ed. Reyer.)

Nickel und Kobalt. Nickel hat in metallischer Form fast alle Eigenschaften des Eisens, verbindet aber damit die Farbe, den Glanz und die Nichtoxydierbarkeit des Silbers. Auf der Erde ist es zwar nicht gediegen, aber als Bestandteil verschiedener Erze ziemlich weit verbreitet, kommt jedoch nur selten in größerer Menge vor. Als wichtigstes Nickelerz ist außer dem später zu erwähnenden Garnierit das Kupfernickel oder Nickelin, ein meist derbes, aus 43,6 Nickel und 56,4 Arsen bestehendes Mineral, hervorzuheben, das seinen Namen „Kupfernickel" nicht einem Zusatz von Kupfer, sondern seiner licht kupferroten Färbung verdankt. Daneben sind noch der Arsenikknickelglanz oder Gersdorffit mit 35,1 Nickel, 45,5 Arsen und 19,4 Schwefel, der Antimonnickelglanz oder Ullmannit mit 27,4 Nickel, 57,5 Antimon und 15,1 Schwefel, der Nickelkies mit 64,5 Nickel und 35,5 Schwefel sowie der Chloanthit, eine Verbindung von Kobald, Nickel, Eisen und Arsen, zu nennen.

Die Nickelerze haben auf ihren Lagerstätten fast stets Kobalterze im Gefolge: den Speiskobalt oder Smaltin und den Glanzkobalt oder Kobaltin. Der erste bildet eine Verbindung von Kobalt und Arsen mit kleinen Mengen von Eisen, Nickel und Schwefel; der zweite besteht aus Kobalt, Arsen und Schwefel. Die Kobalt- und Nickelerze brechen bald auf Gängen ein, wie in Nanzenbach bei Dillenburg, in Dobschau in Oberungarn, in Bellenhausen in Hessen und im Erzgebirge; bald erscheinen sie in den Fahlbändern der kristallinischen Schiefer. Was der Bergmann unter „Fahlbändern" versteht, wurde schon bei Besprechung der Silbergruben von Kongsberg (S. 605) auseinandergesetzt. Auch die Nickel- und Kobalterz-Fahlbänder sind in typischer Form auf Skandinavien beschränkt, wo sie namentlich in den Lokalitäten Skutterud, Snarum, Espedalen ausgebeutet werden. Nur in Schladming in Steiermark kennt man eine Nickelerzlagerstätte, die

Digitized by Google

mit den skandinavischen Fahlbändern Ähnlichkeit besitzt. Häufig gründet sich die Nickelgewinnung auf den Nickelgehalt der Magnet- und Schwefelkiese. Dies ist der Fall bei manchen Nickelgruben in Schweden und Norwegen und bei der Mine Lancaster Gap in Pennsylvanien.

Lange Zeit gewann man das Nickel nur aus den oben erwähnten geschwefelten und arsenhaltigen Erzen, bis in der französischen Strafkolonie Neukaledonien ein neues Nickelmineral, der Garnierit, aufgefunden wurde, das sich als ein wasserhaltiges Silikat von Nickel und Magnesia erwies. Wie in manchen anderen Lagerstätten ist das Nickelerz auch hier an Serpentin- und Olivingesteine gebunden und wird von Kobalt-, Chrom- und Eisenverbindungen begleitet. Da die reiche neukaledonische Lagerstätte lebhaft ausgebeutet wurde und die Erze vermöge ihrer chemischen Zusammensetzung eine leichte, billige Verhüttung gestatten, so konnte es nicht fehlen, daß diese Entdeckung ein bedeutendes Sinken der Nickelpreise zur Folge hatte.

Obwohl Cronstedt schon im Jahre 1751 das Nickelmetall darzustellen gelehrt hatte, ließ die Industrie in Europa dieses Metall doch lange Zeit unbeachtet. In China dagegen wurde Nickel schon seit Jahrtausenden zur Waffenfabrikation verwendet. Gegenwärtig hat es eine hohe Bedeutung erlangt. Man benutzt es als Münzmetall, zu silberähnlichen Legierungen, zur Herstellung von Luxusgegenständen, zur galvanischen Vernickelung von Zink, Eisen, Stahl und Messing. Die wichtigsten Nickelproduzenten sind Nordamerika (1889: 253,000 Pfund), England, Neukaledonien, Deutschland, Österreich-Ungarn und Skandinavien.

Kobalt, der stete Begleiter des Nickels, teilte auch insofern dessen Schicksal, als sein Wert lange verkannt wurde. Da sie zugleich mit anderen Erzen gefördert wurden, betrachtete man die Kobalt- und Nickelerze als gänzlich unverwertbar, bis in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts im Erzgebirge zufällig entdeckt wurde, daß Glasflüsse durch einen Zuschlag von Kobalterzen blau gefärbt werden. Im Anfang des 17. Jahrhunderts verwendete man die Kobalterze zur Herstellung blauer Deck- und Malerfarben (Smalte), die man durch Schlämmen und Reinigen tiefblauer Glasflüsse erzeugte. Seit 1845 wurde jedoch die Smalte durch die lebhafteren Anilinfarben stark zurückgedrängt. Vom reinen Metallkobalt macht man trotz seiner schätzenswerten Eigenschaften wenig Gebrauch, da die Darstellung zu kostspielig ist.

Eisen. Keins unter den schweren Metallen findet sich in der Natur so verbreitet und in so großer Menge vor, wie das für den Fortschritt der Menschheit unentbehrliche Eisen. Im Meer-, Fluß- und Quellwasser, in allen Gesteinen, welche Entstehung sie auch immer haben mögen, überall lassen sich gewisse Quantitäten von Eisen nachweisen. Deshalb gehören auch Eisenerzlager zu den häufigen Erscheinungen. Über alle Länder der Erde verbreitet, sind sie sehr mannigfaltig in Zusammensetzung, Ausdehnung, Mächtigkeit und Entstehung.

Das natürliche Vorkommen von gediegenem Eisen in der Erdrinde wurde oft behauptet und ebenso oft, doch mit Unrecht, bezweifelt. Gediegenes Eisen, in Verbindung mit Nickel einen Hauptbestandteil des Meteoreisens bildend, wurde in der That an verschiedenen Orten nachgewiesen, am reichlichsten wohl in Grönland, wo der Basalt auf der Insel Disco Einsprenglinge von Eisen enthält, deren Gewicht bis 500 Zentner betragen kann. Für die Eskimo hatte dieses Eisen praktische Bedeutung, da sie daraus Waffen und Gerätschaften schmiedeten. Für die Eisenmetallurgie der Gegenwart spielen die verschwindenden Mengen natürlichen Eisens keine Rolle.

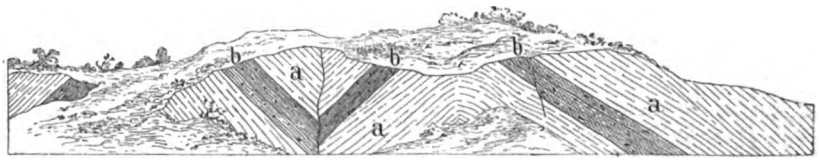
Von den vielen Verbindungen des Eisens können nur vier als Eisenerze von ökonomischer Bedeutung angesehen werden: der Magnetit, der Hämatit, der Limonit und der Siderit. Der Magnetit oder das Magneteisenerz ist ein schwarzes, meist in Oktaedern kristallisierendes, körniges oder dichtes Erz, das aus 72,4 Eisen und 27,6 Sauerstoff (Fe_3O_4) besteht und zuweilen durch polaren Magnetismus ausgezeichnet ist. Auch der Hämatit oder das Roteisenerz ist eine Verbindung von Eisen und Sauerstoff, im Verhältnis von 70 Eisen zu 30 Sauerstoff,

Digitized by Google

entsprechend der Formel Fe_2O_3. Der Hämatit hat unter allen Eisenerzen die prächtigste Kristallbildung: seine rhomboedrischen Kristalle sind häufig flächenreich, besitzen lebhaften Metallglanz und oft rötliche und bläuliche Anlauffarben. Rosettenförmig angeordnete Gruppen tafelförmiger Kristalle bezeichnet man als Eisenrosen (s. die Tafel bei S. 591, Fig. 3). Unter den derben Varietäten des Hämatits unterscheidet man den blätterigen Eisenglanz und Eisenglimmer, das faserige, das dichte, das oolithische und das ockerige Roteisenerz.

Im Limonit oder Brauneisenstein ist ebenfalls eine Verbindung von Eisen mit Sauerstoff erkannt worden; nur tritt hier zu 85,6 Eisenoxyd noch 14,4 Wasser hinzu ($2Fe_2O_3+3H_2O$). Der Limonit bildet keine deutlichen Kristalle, hat aber stets kristallinische und zwar faserige, dichte oder erdige Textur. Häufig verbindet sich die faserige mit der konzentrisch-schaligen Textur; die frei liegende Oberfläche solcher Varietäten ist glatt und kugelig ausgebildet und hat die Bezeichnung brauner Glas- (Glatz-) Kopf veranlaßt. Die dichten Brauneisensteine umfassen viele Abänderungen, unter denen namentlich die oolithischen, die erdigen und ockerigen hervorzuheben sind.

Der Siderit, Eisenspat oder Spateisenstein endlich ist die Kohlensäureverbindung des Eisens ($FeCO_3$) mit 62,1 Eisenoxyd und 39,7 Kohlensäureanhydrid. Er stellt sich als ein



Eisensteinflöze im böhmischen Silur: a) untersilurischer Sandstein, b) Eisensteinflöze. (Nach M. Lipold.)

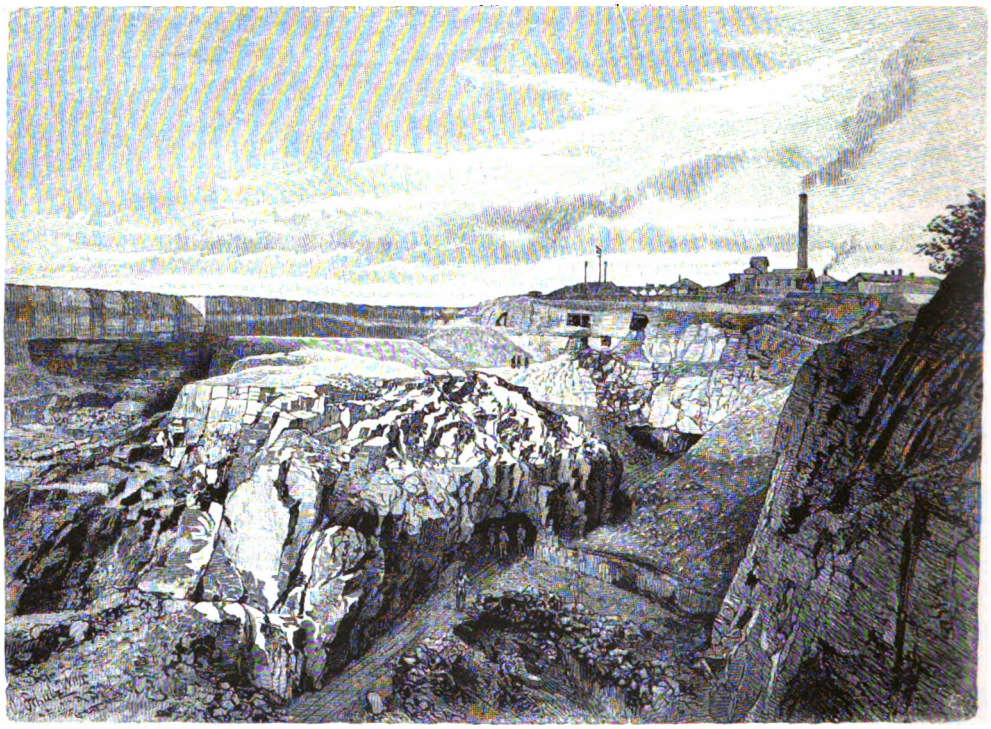
unscheinbares Mineral von gelblicher oder grauer Farbe, mit grobkörniger oder dichter Textur dar, das in formenarmen Rhomboëdern kristallisiert. Mit thonig-mergeligen Substanzen verunreinigt, bildet er den Thoneisenstein. Durch Verwitterung unter dem Einfluß der Atmosphärile wandelt er sich in Limonit um. Die so häufige und verbreitete Schwefelverbindung des Eisens, das Doppeltschwefeleisen, der Schwefelkies oder Pyrit, kann trotz seines hohen Eisengehaltes nicht unter die Eisenerze zählen. Er würde ein schwefelhaltiges Eisen ergeben, das seiner Brüchigkeit wegen nicht verwendbar ist.

Die einfachste Form von Eisenerzlagerstätten bieten die derben, aus Spat-, Rot- oder Brauneisenstein bestehenden Erzflöze dar, die in allen versteinerungsführenden Formationen vorkommen können. Sind sie einem gefalteten Gebirge eingeschaltet, so machen sie dieselben Faltungen, Mulden- und Sättelbildungen mit wie die übrigen Schichten. Sowohl Braun- und Roteneisensteine als auch Eisenspate können flözbildend auftreten, diese namentlich in der Form der Thoneisensteine. Die Thoneisensteinflöze lösen sich zuweilen in einzelne linsen- oder kuchenförmige Nieren auf, die man als Sphärosiderite zu bezeichnen pflegt. Der Thoneisenstein führt nicht selten Versteinerungen, und zwar je nach seinem Bildungsmedium sowohl marine als auch Süßwasserfossile. Die Sphärosiderite umschließen zuweilen in ihrer Mitte eine Versteinerung, um die als Mittelpunkt die Erzausscheidung stattgefunden haben dürfte. Nimmt der Thoneisenstein reichlich kohlige Bestandteile auf, wie dies bei den die Kohlenflöze begleitenden Thoneisensteinen der Fall ist, so spricht man von Kohleneisenstein (blackband; vgl. oben, S. 566). Die Thoneisensteinflöze erscheinen in ihren der Oberfläche genäherten Partien, „am Ausgehenden", durch die Einwirkung von Atmosphärilen häufig in Brauneisenstein umgewandelt. Daneben gibt es aber auch Brauneisensteinflöze, die selbständig als solche abgelagert wurden, ebenso Roteisensteinflöze. Thon-, Rot- und Brauneisensteinflöze kennt man in allen Formationen und in allen Ländern in reicher Menge. Der obenstehend abgebildete Durchschnitt möge ein Bild von

Digitized by Google

dem einfachen Bau dieser Lagerstätten geben. Die untenstehende Abbildung führt uns das Auftreten eines geschichteten untersiluriſchen Eisenerzlagers von 18 m Mächtigkeit in dem Tagbau von Nutschitz bei Prag deutlich vor Augen.

Komplizierter sind die Verhältnisse bei jenen Vorkommnissen, die wir unter dem Begriff der Lager zusammenfassen. Eisenerzlager können sowohl von Siderit als von Magnetit, Limonit und Hämatit gebildet werden. Spateisensteinlager sind in der Regel von Kalksteinen begleitet und führen als untergeordnete, aber recht bezeichnende Bestandteile geschwefelte Erze, wie Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz und Kobalt- und Nickelerze. In schöner Ausbildung treten Lagerstätten von diesem Typus namentlich im kristallinischen Gebirge und im Silur auf. So



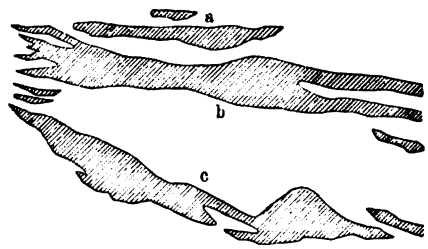
Das Eisensteinflöz von Nutschitz in Böhmen. (Nach Photographie.)

enthält der Gneis und Glimmerschiefer in der Umgebung von Friesach, Wolfsberg und Hüttenberg in Kärnten einen Zug bedeutender Spateisensteinlager. Am Knappenberge bei Hüttenberg, der wichtigsten Lokalität dieses Zuges, sind sechs parallel fallende und streichende Lager vorhanden, die im Streichen an 2500 m lang aufgeschlossen sind und die Form langgestreckter, unregelmäßig ausgelappter Linsen von riesiger Ausdehnung besitzen. Durch Gabelung, Verschmälerung und allmählichen Übergang der Erzmasse in körnigen Kalk gelangen die einzelnen Lager zur Auskeilung (s. Abbild., S. 627). In den Nordostalpen enthält die Silurformation ausgedehnte Spateisensteinlager, die einen etwa 40 Meilen langen, freilich vielfach unterbrochenen Lagerzug zwischen Reichenau, Eisenerz und Schwatz zusammensetzen. Sein berühmtester Punkt ist der Erzberg von Eisenerz, wo schon seit 2000 Jahren ein schwunghafter Bergbau umgeht. Das frei zu Tage austretende Hauptlager hat eine Mächtigkeit von durchschnittlich 60 m, schwillt aber örtlich bis zu 125 m an und wird in mehreren übereinander gelegenen Etagen abgebaut (s. Abbild., S. 628). Außerdem sind noch zwei kleinere Lager vorhanden. Die Siderite, die oberflächlich in

Digitized by Google

Limonit umgewandelt erscheinen, ruhen hier, begleitet von schieferigen, breccienartigen oder konglomeratischen Gesteinen, direkt auf silurischem Kalk. Die Brauneisensteinlager der paläozoischen Formationen scheinen zum größten Teil durch Umwandlung und Verwitterung von Siderit- oder Kieslagern hervorgegangen zu sein. Der zweite Fall liegt vor bei dem großartigen Limonitlager von Victoria-Furnace in Virginia, das nichts weiter ist als der „eiserne Hut" von Kieslagern, die im huronischen Schiefer eingeschaltet sind.

Die Lagerform muß wohl auch den berühmten Eisensteinmassen zugeschrieben werden, die seit Jahrtausenden auf der Insel Elba ausgebeutet werden. Aufliegend auf quarzitischen Schiefern oder Talkschiefern und bedeckt von körnigem Kalkstein gehen hier am Ostgestade der Insel die vier stockförmigen Erzlager Rio Vigneria, Rio Albano, Terranera und Calamita zu Tage aus, die aus Eisenglanz und dichtem Roteisenstein, daneben auch aus Braun- und Magneteisenstein bestehen. Die Berührungsfläche gegen das Liegende ist sehr unregelmäßig, da die Erzmasse in zahllosen Trümmern in die Schiefer hineingreift. Aus diesem Grunde wurde die Lagerform des Elbaner Vorkommens so lange verkannt. Nach Aristoteles soll man in Elba anfangs Kupfer gewonnen und sich erst nach der Erschöpfung der Kupferlager dem Eisenstein zugewendet haben. Elba genoß schon im Altertum einen hohen Ruf, Dichter wie Vergil priesen seine Unerschöpflichkeit. Elbas Erzreichtum ist in der That bedeutend, da die Erzlager dieser Insel, nach einer niedrig gegriffenen Schätzung von G. vom Rath, einen Vorrat von mindestens 63,3 Millionen Tonnen repräsentieren.

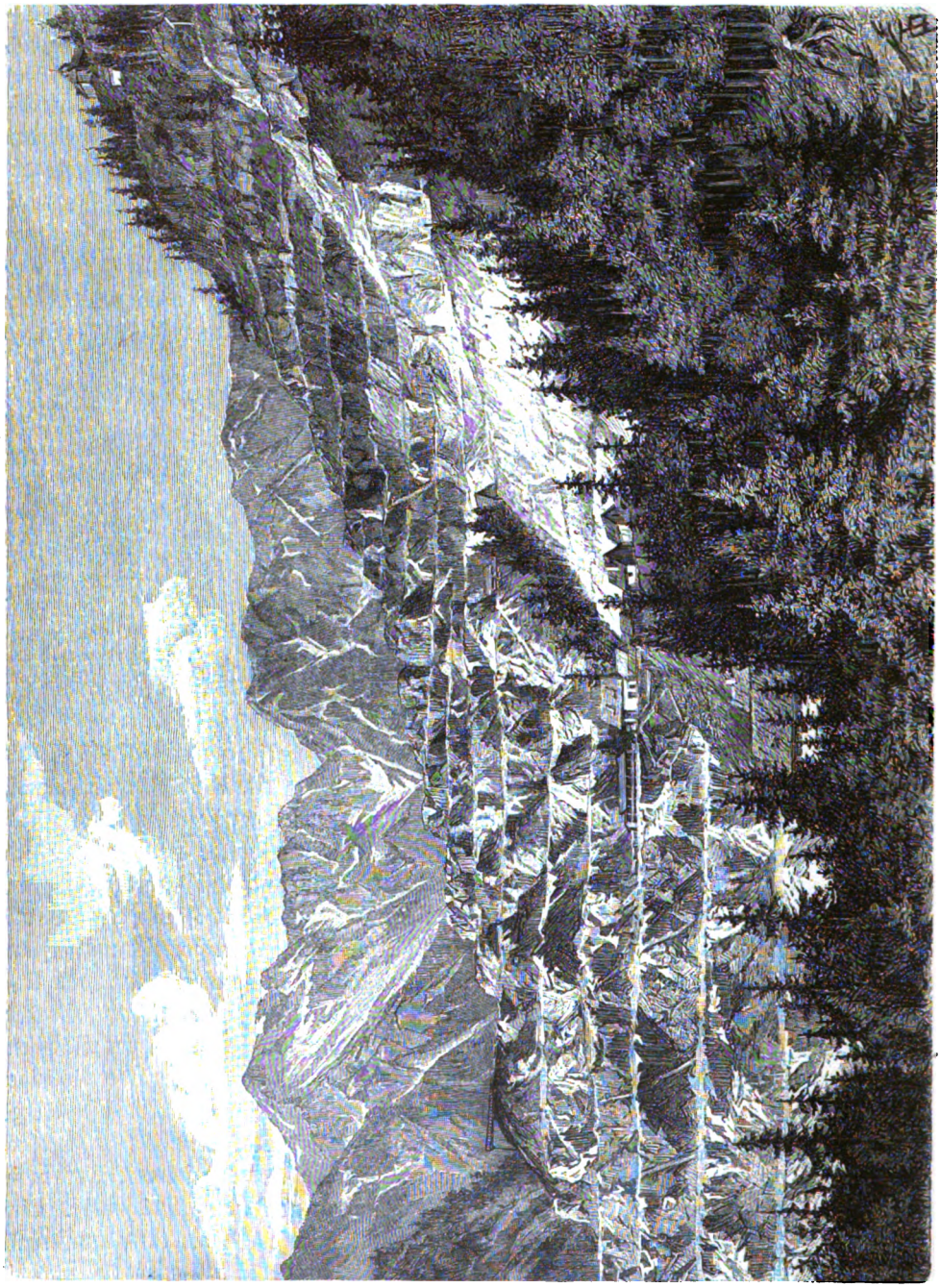


Spateisensteinlager des Hüttenberger Erzberges: a) Graitlager, b) Wilhelmstollner Wolf oder Glücklager, c) Großattticher Lager. (Nach F. Seeland.) Vgl. Text, S. 626.

Im Vergleich zu den Eisenlagern Schwedens erscheinen freilich Elbas Reichtümer nur gering. Schwedens Eisenschätze können wirklich für unerschöpflich gelten; behauptet man doch, daß der einzige Berg Gellivara in Norbotten genüge, den gesamten Eisenbedarf der Erde auf viele Jahrhunderte, ja Jahrtausende hinaus zu decken. Mit Ausnahme der Lokalität Taberg folgen die schwedischen Eisenlagerstätten dem Typus der Lager. Wie verschiedenartig sie sich auch im einzelnen verhalten mögen, so ist doch das eine allen gemeinsam, daß sich die Erzlager der Schieferung des Gneises oder der kristallinischen Schiefer, denen sie eingelagert sind, gleichmäßig anschmiegen und niemals gangartig in die benachbarten Schiefer eingreifen. Häufig wird ein allmählicher Übergang der Erzmasse in das Nebengestein beobachtet, indem sich dies mit Erz anreichert oder umgekehrt die Erze die Silikatbestandteile des Nebengesteins aufnehmen. Die Erze bestehen hauptsächlich aus Magnetit, seltener Hämatit, und sind häufig mit Silikaten (Granat, Hornblende, Augit, Epidot) verwachsen und von einzelnen metallischen Verbindungen, wie Eisen- und Kupferkies, Zinkblende ꝛc., begleitet. Zuweilen verbindet sich mit den Eisenerzlagern körniger Kalk. Die reichsten Eisenerzlager Schwedens umfaßt jener Landstrich, der, mit der Insel Singö beginnend, über Gefleborgs-Län, Upsala-Län, Westmanlands-Län, Kopparbergs-Län, Örebro-Län, Vermland von Ostnordosten gegen Westsüdwesten streicht und das mittlere Schweden in einem Streifen durchzieht, der als „Jernbäraland" (Eisen gebärendes Land) berühmt ist. Eine der bekanntesten Gruben dieses Landstriches ist Dannemora im Upsala-Län. Etwas außerhalb dieser Zone liegen die Eisenlager der Insel Utö bei Stockholm, und noch weiter entrückt sind die unter ungefähr 67° nördlicher Breite gelegenen Eisenberge Norbottens, die trotz ihres enormen Eisenreichtums der großen Entfernung wegen nur in geringem Maße an der schwedischen Produktion beteiligt sind: so der schon genannte Eisenkoloß Gellivara, der ein Erzlager von 6000 m

Digitized by Google

Länge und 31—62 m Mächtigkeit bildet, Luosavara, Svappavara, Kirunavara. Norwegen dagegen ist arm an Eisenerzen; selbst das früher berühmte Lager von Arendal hat jetzt nur noch geringe Bedeutung.

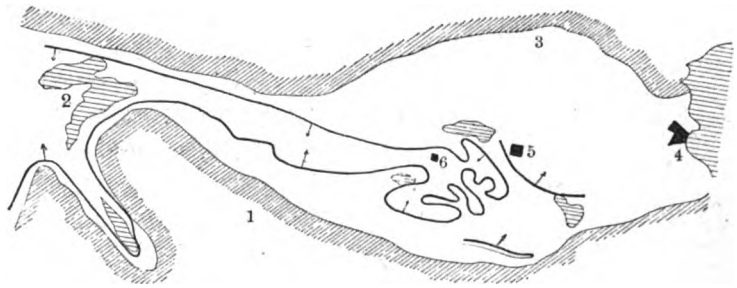


Etagenbau am Erzberg in Eisenerz, Steiermark. Das den Vordergrund bildende Berggehänge besteht aus Eisenspat, der in mehreren Etagen von Tag aus abgebaut wird. Vgl. Text, S. 629.

Wie die reichen und vorzüglichen Erze Schwedens, so sind auch die hauptsächlichsten Eisenerzvorkommnisse Nordamerikas als Lager aufzufassen. Sie finden sich namentlich in den kristallinischen Schiefern der laurentinischen und huronischen Formation und bestehen vorwiegend

Digitized by Google

aus Magnetit und Hämatit. Siderit scheint in Nordamerika so gut wie ganz zu fehlen. Dem Gange der Kultur in Nordamerika entsprechend entwickelte sich die Eisengewinnung zunächst im östlichsten Landstrich, diesseits der Appalachen. Später drang man weiter nach Westen vor, wo sich reiche, gänzlich unberührte Lagerstätten erschlossen, die den amerikanischen Unternehmungsgeist zu großartiger industrieller Entfaltung anspornten. Die alten Gewinnungsstätten im Osten wurden teilweise verlassen, und nur die reichsten und lohnendsten Lagerstätten jenseit der Appalachen wurden berücksichtigt. Gegenwärtig wird am lebhaftesten ein Vorkommen abgebaut, das weit im Westen, in den Staaten Michigan und Wisconsin am Südufer des Oberen Sees, gelegen ist. Die huronische Formation besteht hier aus kristallinischen Chlorit- und Talkschiefern, aus Quarziten und Kalksteinen und liegt zu Mulden und Sätteln gefaltet diskordant über der steil aufgerichteten laurentinischen Gneisformation. Die Eisenerzzone bildet im wesentlichen eine viele Meilen lange, große Mulde, deren Nordflügel ziemlich einfach verläuft, während der Südflügel mehrere untergeordnete Faltungen erkennen läßt (s. die untenstehende Skizze). Die Mächtigkeit der zumeist aus Roteisenstein oder infolge lokaler Umwandlung aus Brauneisenstein bestehenden Lager beträgt durchschnittlich 5—7 m, kann aber auch bis zu 30 m steigen. In der Fortsetzung dieser großen Mulde liegen die Roteisenlager vom Iron Ridge, vom Smith- und Michigammi-Eisenberg; und südlich davon treten Eisenerze in den huronischen Schichten der Menomonee-Region südlich vom Oberen See auf. Nächst dem Eisenerzdistrikt des Oberen Sees sind die großen, ebenfalls sehr reichen Lager im laurentinischen Gneis der Staaten New York, New Jersey und Pennsylvanien von Bedeutung. Sie sind auf drei verschiedene Gebiete verteilt: auf das des Champlain-Sees, das der Hochlande von New York und New Jersey und endlich das von Cornwall in Pennsylvanien. Die zahlreichen Lager, die diese Distrikte auszeichnen, können bis zu 60 m mächtig werden und haben häufig ein so anhaltendes, meilenweit verfolgbares Streichen, daß man sie wohl auch als Flöze ansprechen könnte.



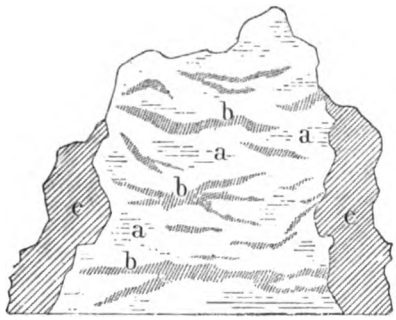
Der Eisenerzdistrikt von Negaunee: ↑ Ausgehendes des Erzflözes, 1) Laurentinisch, 2) Michigammi-See, 3) Huronisch, 4) Marquette, 5) Negaunee, 6) Ishpeming. (Nach Wedding.)

Schon im vorhergehenden wurde des Eisenberges Taberg bei Jönköping in Schweden gedacht, der als Typus einer geologisch interessanten Gruppe von Eisenerzlagerstätten betrachtet werden kann. Alle Eruptivgesteine enthalten Magnetit und Titaneisen als wesentliche oder untergeordnete Bestandteile in mikroskopischen Partien eingeschlossen. Bei manchen Eruptivgesteinen, namentlich dem Basalt, Augitporphyr, Diabas, Diorit und Olivinfels, kann die Menge des eingeschlossenen Magnetits so sehr zunehmen, daß das ganze Gestein magnetische Eigenschaften erhält und als Eisenerz verwendet werden kann. Der Taberg z. B. besteht aus einem Gestein, das Olivin, Magnetit, Titanit und etwas Plagioklas enthält und durchschnittlich 30 Prozent Eisengehalt aufweist. Er bildet einen schroffen Felsrücken, der sich 2700 m weit ausdehnt und sich etwa 125 m hoch über den ihn umgebenden Gneis erhebt. Die großartigsten Erzberge dieser Art zeichnen den Ural aus, die Gora Blagodat, Katschkanar und die Wissokaja Gora. Die letzte liegt unfern vom See des berühmten Bergortes Nishnij Tagilsk im Demidowschen Grubenbezirk, den die Natur geradezu verschwenderisch mit Metallen, namentlich Gold und

Digitized by Google

Platin, Eisen und Kupfer, ausgestattet hat. Der Erzberg besteht zum größten Teil aus reinem Magnetit, der eingehüllt in bunten Thon zwischen Diabas und Kalkstein gelagert ist, und hat eine Höhe von 82 m über dem Spiegel des Sees bei einer Breite von 500, einer Länge von 600 m. Die Gora Blagodat (der „gesegnete Berg"), nördlich von Katharinenburg, enthält das Eisenerz in kolossalen Trümmern und stockförmigen Massen in Augit- und Diabasporphyr eingeschlossen; und am Berge Katschkanar bildet ebenfalls Augitfels den Träger des Magnetits (s. untenstehende Abbildung). Auch Nordamerika besitzt ähnliche Eisenberge, deren bekanntester der Iron Mountain südlich von St. Louis (Missouri) ist. Hier tritt ein porphyrischer Melaphyr auf, der nach allen Richtungen von Eisenglanztrümmern durchschwärmt wird; außerdem setzt mitten durch den Berg eine kompakte, 10—20 m mächtige, reine Erzmasse hindurch.

Die Gangform, so bevorzugt von den schweren Metallen, kommt bei Eisenerzlagerstätten seltener vor. Als Beispiel für Eisenerzgänge in vulkanischem Gestein seien die mit kieseligem und Brauneisenstein erfüllten, 1/2—1 m mächtigen Gänge genannt, die bei Zorge am Harz den Diabas durchsetzen. Ebenfalls im Diabas liegen die Eisenerzgänge des Vogtlandes, während im sächsischen Erzgebirge solche Gänge an der Grenze von Felsitporphyr oder Granit und den kristallinischen Schiefern auftreten. Als Eisenerzgänge im geschichteten Gestein können die Roteisensteingänge bei Andreasberg im Harz erwähnt werden, die in silurischen Grauwacken und Thonschiefern aufsetzen; ferner der Gang von Bergzabern, der in einer Mächtigkeit von 1—22 m im Buntsandstein (untere Triasformation) erscheint, und endlich die Gänge von Horhausen und die des Stahlberges bei Müsen.



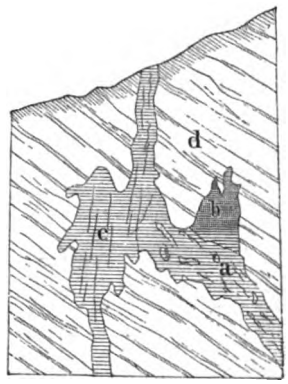
Erzfelsen am Katschkanar im Ural: a) Augitfels, b) Magneteisen, c) Serpentin. (Nach Zerrenner.)

Einen anderen merkwürdigen Typus bilden solche Eisenerzlagerstätten, die durch Pseudomorphose nach Kalkstein oder Dolomit oder durch Ausfüllung vorher gebildeter Höhlungen entstanden sind. Lagerstätten der letzten Art nehmen meist die Gestalt unregelmäßiger Stöcke an, deren äußere Begrenzung von der Form der vorher angelegten Höhlung abhängig ist. Sie tragen stets das Gepräge der Unregelmäßigkeit: an einem Orte außerordentlich mächtig, können sie in geringer Entfernung zu unbedeutenden Vorkommnissen einschrumpfen. Eine ähnliche unregelmäßige äußere Form weisen die durch Pseudomorphose entstandenen Lagerstätten auf. Häufig ging die Umwandlung des Gesteins von Spalten und Klüften aus, durch die das verdrängende Eisenerz dem Kalkgebirge von außen zugeführt wurde. Indessen läßt sich zwischen Füllungen vorher bestandener Hohlräume und metamorphischen Bildungen meist keine scharfe Grenze ziehen: die Prozesse der Höhlenfüllung und Pseudomorphose mögen gleichzeitig stattgefunden haben, ähnlich wie bei den Blei- und Zinkerzlagerstätten desselben Typus. Zu den Lagerstätten dieser Art gehören die Brauneisenerze im Silur des Great Valley am östlichen Abfall des Alleghanygebirges in Nordamerika, die manganhaltigen Brauneisenerze von Keldenich und Sötenich im devonischen Eifelkalkstein, die zahlreichen und großen Brauneisenerzlagerstätten im Zechsteindolomit des Thüringer Waldes und bei Osnabrück sowie im Dolomit des unteren Muschelkalkes von Oberschlesien. Auch die großartigen Braun- und Roteisenerzlager in der Umgebung von Bilbao in der Provinz Viscaya (Spanien), die neuerdings in großem Maßstab ausgebeutet werden, dürften in diese Gruppe einzureihen sein. Sie sind gebunden an den festen Kalkstein der Cenomanstufe der oberen Kreide. Die Erze sind bald so mächtig entwickelt, daß sie den Kalkstein vollständig verdrängen, bald weniger mächtig, bald verschwinden sie völlig.

Digitized by Google

Eine eigentümliche Untergruppe der Höhlenfüllungen bilden die Bohnerzablagerungen. Die Jurakalke im Französischen und Schweizer Jura, in den Vogesen, im südlichen Schwarzwald, im Schwäbischen und Fränkischen Jura, die mesozoischen Kalke der Wochein in Oberkrain sind von schlot-, schlauch- oder trichterförmigen Höhlungen durchzogen, die zum Teil leer, zum Teil mit Kalkschutt ausgefüllt sind, oft aber auch eisenschüssigen Lehm und Sand mit Kieselgeschieben und Bohnerzen, d. h. kugeligen, bohnenförmigen Brauneisensteinen, enthalten. Sand, Lehm und die organischen Reste, besonders tertiäre Säugetierreste, wurden wohl von obenher in diese Höhlungen eingeschwemmt, während die Eisenerze von eisenhaltigen Quellen abgesetzt wurden, deren Wässer in den Höhlungen aufstiegen und zirkulierten (s. untenstehende Abbildung).

Im Untergrunde feuchter Wiesen und Moore oder am Grunde mancher Landseen setzen sich zuweilen erdige, löcherige, poröse Brauneisensteine ab, die nach ihrem Lagerort Sumpf-, Wiesen-, Rasen- oder See-Erze genannt werden und gegenwärtig noch in Fortbildung begriffen sind. Namentlich begünstigen die flachen Niederungen der großen Ströme derartige Ablagerungen. Durch den Lebens- und Verwesungsprozeß der Pflanzen werden Säuren gebildet, die das im Untergrunde fein verteilte Eisen lösen. So entstehen schleimige Eisenlösungen, die den ganzen Boden samt seinen Wurzeln 2c. überziehen. Durch die oxydierende Wirkung des Sauerstoffes werden jene Pflanzensäuren in Kohlensäure verwandelt, die in Gasform entweicht, während die braune Eisenerde zurückbleibt. Auf dem Boden der schwedischen Landseen im Kalmar-Län und Kronobergs-Län bilden sich auf diese Weise Seeerze in der Mächtigkeit von 0,75 m. Hat man diese Erze einmal gewonnen, so beginnt die Bildung der Eisenerde von neuem und schreitet so rasch vorwärts, daß man nach einigen Jahrzehnten die Ernte wiederholen kann. Die Sumpf- und Rasenerze haben stets einen ziemlich beträchtlichen Phosphorgehalt.



Bohnerzvorkommen in der Wochein, Krain: a) Kalkschutt, b) leerer Raum, c) „Lavora", Lehm mit Bohnerz, d) Kalkstein.

Als letzte Form der Eisenlager sind die Eisenseifen, d. h. Lager, die durch Zusammenschwemmen älterer, in früheren Formationen gebildeter Eisenerze entstanden sind, zu erwähnen. Die technische Bedeutung dieser Lagerstätten ist meist untergeordnet; nur die ausgedehnteren und reicheren werden wirklich ausgebeutet, wie die Eisenseifen an den Ufern der großen Seen und des Lorenzstromes in Nordamerika.

Die Kenntnis des Eisens reicht bei den meisten Völkern tief in das Dunkel der Vorzeit zurück. Bei den Kulturvölkern des Orients datiert die Kenntnis des Eisens mindestens in das 3. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung. Von ihnen scheint die Eisenmetallurgie auf die gräko-italischen Völker übergegangen zu sein. Durch die römische Weltherrschaft wurde die Verbreitung der Eisentechnik begünstigt. Namentlich scheinen die Germanen hierin von den Römern viel gelernt zu haben, während die keltischen Völker, die vor der Einwanderung der Germanen Mittel- und Westeuropa besetzt hatten, eine selbständige und hochentwickelte Eisentechnik besaßen, wie zahlreiche vorgeschichtliche Funde erweisen.

In alten Eisengewinnungsgebieten sind vielfach Spuren ehemaliger metallurgischer Thätigkeit in Form von Schlacken, Öfen 2c. unter Verhältnissen aufgefunden worden, aus denen hervorgeht, daß in früherer Zeit die Eisenerze in die Waldungen transportiert wurden, um in der Nähe des Brennmaterials, der Holzkohle, in kleinen Quantitäten verschmolzen zu werden. Als der Betrieb größeren Umfang annahm und man die Bedeutung der Wasserkräfte schätzen gelernt hatte, verlegte man die Hüttenwerke in die Nähe der Eisenerzlager und berücksichtigte

Digitized by Google

außerdem Wasserkraft und Gefälle, während die Holzkohle zugeführt wurde. Dieser Zustand blieb lange unverändert, bis sich in den letzten 35 Jahren ein großartiger Umschwung vollzog. Mit der Anlage der Eisenbahnen trat eine überaus lebhafte Steigerung im Verbrauch von Eisen und Stahl ein, man mußte dem Massenbedarf durch eine entsprechende Produktion gerecht zu werden suchen. Dies konnte nur dadurch geschehen, daß statt der Holzkohle Steinkohle und Koks zur Verhüttung der Erze verwendet und die Wasserkraft durch die jeder beliebigen Steigerung fähige Dampfkraft ersetzt wurde. Auf diese Weise wurde die Steinkohle zum ausschlaggebenden Faktor der Eisenindustrie. Sie konnte es um so mehr werden, als die neuen Kommunikationsmittel eine billige und rasche Zufuhr von Eisenerzen selbst aus den entlegensten Gegenden gestatteten. Während die Eisenindustrie der einzelnen Länder früher durch ihren Erzreichtum mitbedingt war, spielt dieser nunmehr eine geringere Rolle, und der Kohlenreichtum tritt in den Vordergrund. Da, wo nicht durch glückliche Umstände Kohlen und Eisenerze zusammen vorkommen, mußten jahrhundertalte Produktionsstätten verlassen werden, und neue Mittelpunkte der Eisenindustrie erstanden in den großen Kohlenrevieren.

Wie sehr die Eisenindustrie der Gegenwart von der Steinkohle abhängig ist, ergibt sich deutlich aus der folgenden Tabelle, worin die Produktionsziffern für Eisenerz, Steinkohle, Roheisen und Stahl im Jahre 1882 aufgenommen sind (nach J. Swank):

Produktion für 1882 in Tonnen	Eisenerz	Roheisen	Stahl	Kohle
Großbritannien	16,627,000	8,493,287	2,259,649	156,499,977
Vereinigte Staaten von Nordamerika	9,000,000	4,623,323	1,736,692	86,862,614
Deutschland	8,150,162	3,170,957	1,050,000	65,332,925
Frankreich	3,500,000	2,033,104	453,783	20,803,332
Belgien	250,000	717,000	200,000	17,485,000
Österreich-Ungarn	1,050,000	523,571	225,000	15,304,813
Rußland	1,023,883	448,514	307,382	3,292,212
Schweden	826,254	435,489	52,234	250,000
Spanien	5,000,000	85,939	216	847,128
Italien	350,000	25,000	2,800	182,500
Andere Länder	1,000,000	100,000	20,000	8,000,000
Zusammen:	46,777,299	20,656,184	6,307,756	374,860,501

Spanien, der viertgrößte Eisenerzproduzent der Welt, hat doch eine kaum nennenswerte Produktion von Stahl und Eisen, da seine Kohlenproduktion gering ist und die Erze größtenteils nach kohlenreichen Industriegebieten von England, Frankreich, Deutschland, Belgien und selbst Nordamerika ausgeführt werden. Dasselbe gilt von Italien und teilweise auch von Schweden. Schweden gibt einen großen Teil seiner Erze an das Ausland ab; und nur seinem Waldreichtum und dem billigen Preise der Holzkohle verdankt es den Vorteil, daß es in Ermangelung von Steinkohle den anderen Teil seines Erzüberflusses mit Holzkohle zu Roheisen verhütten und auszuführen vermag. Belgien dagegen bietet ein Beispiel entgegengesetzter Art dar. Es gewinnt nur wenig Eisenerze, sein Kohlenreichtum dagegen befähigt es, das aus Spanien, Schweden, Luxemburg, Deutschland, Algerien und anderen Gegenden eingeführte Erz und Rohmaterial weiter zu verarbeiten und eine blühende Eisenindustrie zu betreiben. In den alten Industriestaaten England, Deutschland und Frankreich ist die Produktion von Eisenerzen einer sehr erheblichen Steigerung kaum noch fähig, da die vorhandenen Lagerstätten möglichst intensiv ausgebeutet werden und die Entdeckung größerer neuer Lager nicht zu erwarten ist. Dagegen können Nordamerika, Rußland, Schweden und Spanien ihre Eisenerzproduktion noch bedeutend vervielfachen. Manche der großartigsten Lager dieser Länder müssen ihrer Entlegenheit wegen ungenutzt bleiben,

Digitized by Google

wie im nördlichen Schweden oder im Ural, während selbst unbedeutende Vorkommnisse intensiv ausgebeutet werden, wenn sie sich in der Nähe der Kohlengebiete befinden.

Bis vor kurzer Zeit wurden gewisse Erze ihrer Reinheit und Güte wegen besonders lebhaft ausgebeutet, während andere, namentlich die phosphorhaltigen, wegen ihrer schlechten Verwendbarkeit zur Stahlbereitung thunlichst gemieden wurden. Die neueste Zeit indessen hat auch in dieser Hinsicht eine große Umwälzung gebracht. Durch das Thomas-Gilchristsche Verfahren der Bessemerstahlbereitung ist es nicht nur gelungen, den Phosphorgehalt der Erze unschädlich zu machen, sondern es werden durch den Phosphorgehalt gewisse Vorzüge des Fabrikats bedingt. Nunmehr werden die phosphorhaltigen Erze, die bisher vom Hüttenmann so wenig geschätzt wurden, mindestens ebenso erwünscht sein wie die vorher so lebhaft begehrten reinen Magnetite und Hämatite.

Bei keinem Industriezweig zeigt sich die gewerbliche Regsamkeit der Gegenwart so glänzend, wie bei der Eisenindustrie. Die riesigen Produktionsziffern (26 Millionen Tonnen), nämlich

	1890:	
Vereinigte Staaten von Nordamerika . .	9,350,000	Tonnen Roheisen
Großbritannien und Irland	8,031,000	" "
Deutsches Zollgebiet	4,658,000	" "
Frankreich	962,000	" "
Österreich-Ungarn	856,000	" "
Belgien (1889)	832,000	" "
Rußland	746,000	" "
Schweden	456,000	" "

führen an sich schon eine beredte Sprache; ihre Bedeutung erfährt aber eine noch bessere Beleuchtung, wenn man sie mit den Ziffern früherer Jahre vergleicht. Die Weltproduktion von Roheisen ist in dem Zeitraum von 1866—76 um 47,8 Prozent gestiegen. Für 1876 betrug die Weltproduktion rund 14,8 Millionen Tonnen, sie stieg im Jahre 1882 bis auf 20 Millionen Tonnen und hatte demnach in sechs Jahren um 43 Prozent zugenommen. Die Weltproduktion von Stahl bezifferte sich im Jahre 1877 auf 2,4 Millionen, im Jahre 1882 auf 6 Millionen Tonnen: der Zuwachs betrug daher in fünf Jahren 150 Prozent. Die größte Steigerung der Eisenproduktion weisen selbstverständlich die großen industriellen Staaten und Haupteisenproduzenten Nordamerika, England und Deutschland auf. England verdoppelte seine Roheisenproduktion in den 20 Jahren von 1863—83; in Nordamerika vollzog sich die Verdoppelung der Produktion sogar in dem kurzen Zeitraum von 1878—82. Nächst Nordamerika hat namentlich Deutschland eine rasche Steigerung der Eisenproduktion aufzuweisen.

An die bisher besprochenen ist eine Reihe anderer Metalle und Erze anzufügen, deren wirtschaftliche Bedeutung viel geringer ist. Das Mangan, ein fast nie fehlender Begleiter des Eisens, gehört zu den Metallen von weiter Verbreitung; in großen Mengen aber ist es doch ziemlich selten. Bei seiner großen Verwandtschaft zum Sauerstoff kennt man es in der Natur nicht in metallischer Form; dagegen bildet es eine Reihe von Oxyden und Oxydhydraten, die man nach ihrer schwärzlich-braunen Färbung als Braunsteine zusammenfaßt, obwohl sich darunter mehrere mineralogische Spezies befinden Das wichtigste ist das Weichmanganerz oder das Pyrolusit (MnO_2) mit 62,8 Mangan und 37,2 Sauerstoff, ein stahlgraues, halbmetallisch glänzendes, faseriges oder erdiges, abfärbendes Mineral. Von untergeordneter Bedeutung sind der Braunit, Hausmannit, Manganit, Psilomelan und Wad. Die Manganerze begleiten namentlich jene Eisenerzlager, die sich als Höhlenfüllungen oder pseudomorphe Lagerstätten im Kalkgebirge charakterisieren. Durch lokales Überwiegen der Manganerze können solche Eisenerzlager direkt in Manganlager übergehen, wie an einzelnen Orten im devonischen Stringocephalenkalke des Kreises Wetzlar

Digitized by Google

im Nassauschen. Im Departement Oberpyrenäen und in der spanischen Provinz Huelva bilden Manganerze nach Art der Bohnerze Füllungen von Höhlen und Taschen im Kalkgebirge, nahe der Tagesoberfläche. Endlich erscheinen Manganverbindungen in Gängen, gefolgt von Kalk- und Schwerspat. Derartige Gänge setzen bei Ilfeld im Harz im Porphyrit, am Rumpelsberg und Mittelberg in Thüringen im Porphyr auf.

Unter den europäischen Staaten nimmt Spanien als Manganproduzent eine hervorragende Stellung ein; dann folgt Deutschland, England, Österreich. Das Mangan wird in metallischer Form, worin es dem Eisen ähnlich ist, äußerst selten verwendet. In neuerer Zeit hat man wohl erkannt, daß es mit Kupfer und Zink treffliche Legierungen gibt; allein der hohe, durch die Schwierigkeit der Darstellung bedingte Preis des metallischen Mangans war seiner Verwendung bisher hinderlich. Legierungen von Mangan mit Eisen und Kohlenstoff (Ferromangan), wie sie beim Verschmelzen manganhaltiger Eisenerze im Hochofen entstehen, sind für gewisse Arten der Stahlbereitung von Bedeutung. Der größte Teil der Manganerze dient gegenwärtig zur Darstellung von Chlor und Chlorkalk, dann zur Entfärbung grünen Glases und zur Erzeugung vieler Glasflüsse. Endlich bilden die Manganerze die Quelle für zahlreiche Manganpräparate, deren man sich in der chemischen Industrie, im Gewerbe und in der Medizin bedient.

Einzelne seltenere Metalle haben für die Herstellung von Mineralfarben Bedeutung, wie Chrom und Uran. Das einzige Chromerz ist der Chromit oder Chromeisenstein ($FeO.Cr_2O_3$), ein schwärzliches, fettglänzendes, aus Chromsäure und Eisenoxyd zusammengesetztes Mineral, das in Form von Ausscheidungen im Serpentin häufig vom Magnetit begleitet vorkommt. Einen großen Reichtum an derartigen Chromeisenerzen bergen die Serpentine der Balkanländer Bosnien und Griechenland, von Kleinasien, am Ostabhang des Urals und in Neukaledonien. Altbekannt ist das Vorkommen von Kraubat in Steiermark, von Plavischewitza im Banat, von Tromsö und Rohhammer in Norwegen. Zu den großartigsten Lagerstätten dieser Art gehört der Woodsd Peak in Neuseeland, ein Berg, der ganz aus Serpentin zusammengesetzt ist und mächtige, felsenbildende Chromeisensteinmassen enthält. Der Chromit wird zur Darstellung der gelben und grünen Chromfarben und verschiedener Chrompräparate benutzt. Chromhaltige Eisenlegierungen steigern, dem Stahl zugesetzt, dessen Härte bedeutend.

Viel seltener als das Chrom bietet sich in der Natur das Uran dar. Von den uranhaltigen Mineralen kommt nur das Uranpecherz und auch dieses nur an wenigen Punkten in größerer Menge vor. Dies meist derbe, dunkel gefärbte, fettglänzende Mineral scheint im wesentlichen Uranoxyduloxyd zu sein, enthält jedoch zahlreiche metallische Beimengungen. Es bricht auf Gängen in Begleitung von Nickel-, Kobalt-, Silber- und Wismuterzen, am reichlichsten in Joachimsthal in Böhmen; in geringerer Menge auch in Johanngeorgenstadt, Annaberg und Marienberg in Sachsen. In metallischer Form wird es nicht verwendet; wohl aber werden Uransalze und -Verbindungen für die Zwecke der analytischen Chemie und Photographie, namentlich aber für gelbe Farben in der Glas-, Email- und Porzellanindustrie hoch geschätzt. Der einzige Erzeugungsort ist Joachimsthal.

Unter den spröden Metallen sind namentlich hervorzuheben: Antimon, Arsen[1] und Wismut. Antimon ist ein hartes, sprödes, rhomboedrisch kristallisierendes Metall von silberartigem Aussehen und blätteriger Textur, mit dem spezifischen Gewicht 6,7. Man gebraucht es in ausgedehntem Maße zu Legierungen mit Blei, Zinn, Kupfer und Wismut (Letternmetall, Britanniametall) und zu technischen und medizinischen Präparaten. Neben dem gediegenen Vorkommen gibt es mehrere Antimonerze, deren wichtigstes das Grauspießglanzerz oder der Antimonglanz ist,

[1] Einige Chemiker zählen das Arsen und Antimon zu den Metalloiden oder metallähnlichen Stoffen; vom geologischen Standpunkt aus ist es aber gerechtfertigt, Arsen und Antimon bei den Metallen und Erzen zu besprechen.

Digitized by Google

eine Verbindung von Schwefel und Antimon (Sb_2S_3). Die schönen, nadel- und spießförmigen, matt silberglänzenden Kristalle oder strahligen Aggregate dieses Minerals kommen in vielen Ganggebieten Oberungarns, Deutschlands, Böhmens und Frankreichs als untergeordnete Begleiter von Blei-, Zink- und Silbererzen vor; nur selten bildet der Antimonit die vorwiegende Gangfüllung, wie zu Magurka am Ostabhang der Djumbirkette in Oberungarn oder in Ichinokawa bei Saijo (Provinz Iyo der japanischen Insel Shikoku). Dort sind bis zu 4 m mächtige Gänge in Granit mit Antimonit und goldhaltigem Quarz erfüllt; hier setzt ein bis 0,3 m mächtiger Antimonitgang, der prächtige, große und flächenreiche Kristalle liefert, in kristallinischen Schiefern auf. Die reichen Antimonerzlager der Provinz Konstantine in Nordafrika und der Insel Borneo sind durch das massenhafte Vorkommen der Sauerstoffverbindungen des Antimons, des Valentinits und des Senarmontits, ausgezeichnet.

Das Arsen ist bekannt durch seine giftigen Eigenschaften, die in allen seinen Verbindungen hervortreten. Es ist ein weitverbreiteter Körper und findet sich sowohl in elementarem Zustand als gediegenes Arsen wie auch in Schwefelverbindungen (Auripigment, Realgar) und in kiesigen Erzen vor. Diese bilden die hauptsächlichsten Arsenerze; namentlich liefert der Arsenikkies, eine Verbindung von Eisen mit Arsen und Schwefel, einen großen Teil des im Handel umlaufenden Arsens. Die Arsenerze sind größtenteils Gangminerale, erscheinen aber zumeist nicht als Haupterz, sondern als Begleiter anderer Erze. Die technische Verwendung des metallischen Arsens ist ziemlich unbedeutend. Arsenige Säure und Arsensäure dagegen gehören zu den wichtigen chemischen Produkten; man benutzt sie bei der Glas- und Anilinfabrikation, bei der Zeugdruckerei, zur Herstellung grüner Farben 2c.

Das Wismut endlich wird durch rötlich silberweiße Färbung, blätterige Textur, ein spezifisches Gewicht von 9,6—9,8 und den niederen Schmelzpunkt von 264° C. gekennzeichnet. Wie Eisen und Eis ist es im flüssigen Zustand schwerer als im festen. Sein Hauptwert liegt in der Benutzbarkeit zu leichtflüssigen Legierungen, zu thermoelektrischen Säulen (in Verbindung mit Antimon) und medizinischen und chemischen Präparaten. Es begleitet teils in gediegener Form, teils in Verbindung mit Schwefel als Wismutglanz namentlich die Kobalt- und Nickelerze. Das Erzgebirge, Cornwall, auch Bolivia und Mexiko liefern wesentliche Mengen von Wismut.

Zum Schlusse sei noch der Wolframerze gedacht, die man wohl schon seit langem kennt, aber stets als wertlos betrachtet hat. Versuche, diese Stoffe für die Technik zu erobern, befriedigten noch nicht völlig. Wolframsalze und -Präparate haben sich als Malerfarben verwendbar gezeigt, und die Legierung von Wolfram und Eisen, dem Stahl zugesetzt, verbessert diesen beträchtlich (Wolframstahl). Das hauptsächlichste Wolframerz ist der schwarze, metallisch glänzende Wolframit oder Wolfram, eine Verbindung von wolframsaurem Eisen und Mangan; tritt namentlich als Begleiter von Zinnerzen in den Gängen des Erzgebirges, des Harzes und von Cornwall auf.

13. Die Steine und Erden.

Inhalt: Die Edelsteine. Künstliche Edelsteine. Die Edelsteine ersten Ranges. Diamant. Korund. Chrysoberyll. Spinell. Topas. Beryll und Smaragd. Hyacinth. Die Edelsteine zweiten Ranges. Halbedelsteine. — Marmor. Gips. Serpentin. Meerschaum. Sprudelstein. Nephrit. — Die Bausteine. — Die Mahl- und Schleifsteine. Lithographische Steine. — Die mineralischen Dungmittel. — Die Erden. — Die feuerfesten Stoffe. — Zu chemischen Zwecken verwendete Gesteine und Minerale.

Das Auftreten der in den vorhergehenden Kapiteln behandelten Mineralstoffe, der Erze, der Salze und der fossilen Brennstoffe, ist an gewisse, nicht allzu oft erfüllte Bedingungen gebunden. Das Material für den vorliegenden Abschnitt hingegen ist mit wenigen Ausnahmen

Digitized by Google

viel verbreiteter, ja es findet sich zum Teil allerorten. Hand in Hand mit dieser weiten Verbreitung geht auch seine Mannigfaltigkeit. Auf diesem Gebiete tritt uns ein fast unübersehbares Detail entgegen, so daß wir uns mit einer allgemein gehaltenen Beschreibung begnügen müssen.

Die Verwendungsart der Steine und Erden ist sehr verschieden und oft von lokalen Verhältnissen hervorgerufen. Dasselbe Gestein kann zu den mannigfaltigsten Zwecken dienen, während derselbe Effekt durch unterschiedliches Material erzielt werden kann. Dieser Umstand zumeist erschwert eine befriedigende Übersicht. Wenn wir nur die Verwendungsart der Steine und Erden als Einteilungsprinzip berücksichtigen, dann ergibt sich folgende Anordnung: Von der kostbarsten, wenn auch nicht wichtigsten Gruppe der Edelsteine ausgehend, gelangt man zu den Stoffen der Ornamentik und Plastik und von diesen zu denen des Bauwesens. Weiter folgen die Mahl- und Schleifsteine, die Poliermittel, die lithographischen Steine und Tafelschiefer, die mineralischen Dungstoffe und die Erden. Den Schluß bilden die zu chemischen Zwecken benutzten Minerale. Statistische Angaben werden größtenteils unterbleiben müssen, da es nur bei wenigen dieser Minerale möglich ist, Angaben über die jährlich gewonnenen Mengen zu sammeln.

Die Edelsteine.

Schon die Bezeichnung „Edelsteine" besagt, daß die Minerale, denen sie beigelegt wurde, hervorragend glänzende Eigenschaften haben. In der That sind die Edelsteine durch ihren hohen Härtegrad, ihr lebhaft sprühendes Feuer, ihre Klarheit und Durchsichtigkeit, ihre funkelnden Farben von Natur aus wie geschaffen, zu schmücken und zu zieren. Diese Merkmale bilden zwar ein gemeinsames Band um die gewöhnlich zu den Edelsteinen gerechneten Minerale, kommen ihnen aber in so verschiedenem Grade zu, daß es kaum möglich ist, den Begriff scharf zu umgrenzen. Nicht bloß das Herkommen, selbst die Mode entscheidet zuweilen, ob man gewisse Steine als Edel- oder mindestens als Schmucksteine zu betrachten habe oder nicht.

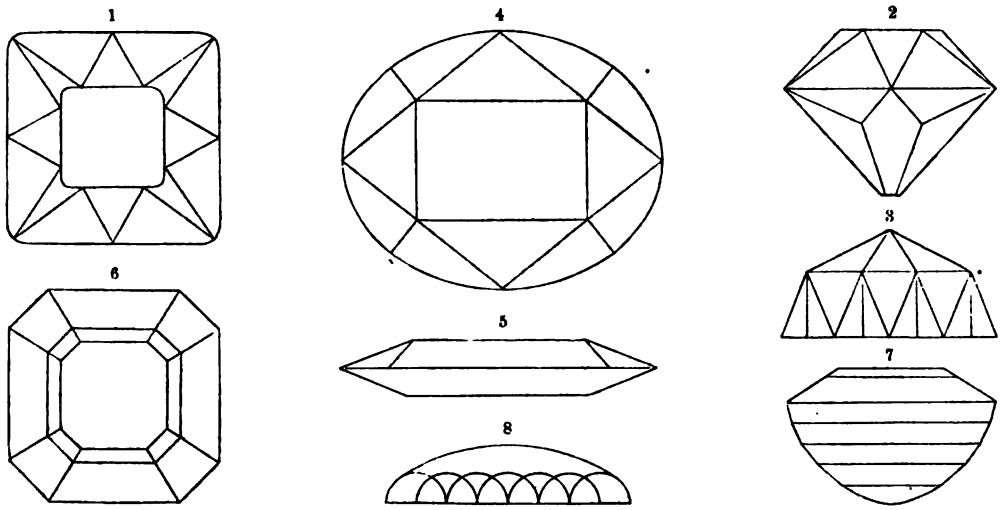
Unter den alten Kulturvölkern dürften wohl die Inder, deren Heimat so reich an Edelsteinen ist, zuerst oder mindestens sehr früh den Wert der Edelsteine erkannt haben. Ebenso waren sie den Ägyptern bekannt, die „Skarabäen" (Käfergemmen) aus edlen Steinen anfertigten und den Toten unter die Zunge legten, da sie die Käfergattung Scarabaeus als Symbol der Unsterblichkeit verehrten. Von den Ägyptern ist der Gebrauch der Edelsteine auf die Juden übergegangen, während die Griechen zur Zeit Homers nur Gold und Bernstein als Geschmeide gekannt zu haben scheinen. Später, im 7. und 6. Jahrhundert v. Chr., war der Gebrauch von Edelsteinen unter den Griechen allgemein verbreitet, und unter den Römern der Kaiserzeit steigerte sich in den besitzenden Klassen der Edelsteinluxus so maßlos, wie er selbst von der Gegenwart nicht erreicht wird. Die Griechen und Römer verstanden gleich den Ägyptern, die Steine bald vertieft (Gemmen), bald erhaben (Kameen) kunstvoll zu gravieren, und erlangten in dieser Kunst eine bis heute unübertroffene Fertigkeit. Dagegen blieb ihnen die Kunst der Steinschleiferei unbekannt. Diese Technik, die den Glanz und das Feuer der Edelsteine sehr erhöht, entwickelte sich erst im Mittelalter und schreitet bis heute immer fort. So hoch ausgebildet auch im Altertum und Mittelalter die technische Kenntnis der Edelsteine war, so wundersam und kindisch waren die Anschauungen über die geheimnisvollen mystischen Kräfte, die den Edelsteinen innewohnen sollten.

Erst der Neuzeit war es vorbehalten, die Edelsteine vom naturwissenschaftlichen Standpunkte zu untersuchen und ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften festzustellen. Dabei hat es sich gezeigt, daß sich der technische Begriff gewisser Edelsteine, wie er den Juwelieren geläufig ist, mit dem mineralogischen keineswegs deckt. So wurden manche Steine ihrer durchsichtigen

Digitized by Google

Goldfarbe wegen als Topase bezeichnet, die in Wirklichkeit verschiedenen Mineralspezies angehören. Umgekehrt galten der blaue Saphir und der rote Rubin von jeher als zwei verschiedene Edelsteine und sind doch nur zwei zufällige Farbenvarietäten eines Minerals, des Korunds.

Im chemisch reinen Zustande wären die meisten Edelsteine farblos: ihre prächtigen Farben rühren oft nur von zufälligen Verunreinigungen durch Metalloxyde her, die sich bei der Kristallisation zugesellten. Mengen von Metalloxyden, die zu gering sind, um durch die chemische Analyse nachweisbar zu sein, genügen schon, die gesättigtste Färbung hervorzurufen. Die Art der Färbung, von der man sich bei Beurteilung von Steinen so gern leiten läßt, ist demnach mineralogisch ganz unwesentlich. Dagegen bietet die optische Eigenschaft des Pleochroismus, die Vielfarbigkeit, ein vortreffliches Hilfsmittel zur Bestimmung von Edelsteinen. Alle Kristalle, mit Ausnahme der regulären oder tesseralen, zeigen nämlich in zwei oder drei verschiedenen Richtungen



Schliffformen der Edelsteine: 1) Brillantschnitt, von oben, 2) Brillantschnitt, von der Seite, 3) Rosette oder Raute, 4) Tafelstein, von oben, 5) Tafelstein, von der Seite, 6) Treppenschnitt, von oben, 7) Treppenschnitt, von der Seite, 8) Muscheliger oder mugeliger Schnitt.

zwei oder drei verschiedene Farbenabstufungen (Dichroismus, Trichroismus), zu deren Untersuchung man sich eines besonderen kleinen Instruments, der dichroskopischen Lupe, bedient.

Fernere Handhaben zur mineralogischen Bestimmung gewähren die Eigenschaften der Härte und des spezifischen Gewichts. Die chemische Untersuchung, die in erster Linie entscheiden könnte, hat natürlich keinen praktischen Wert, da sie nur unter Zerstörung des zu bestimmenden Körpers zu einem Ergebnis führt. Der großen Härte verdanken die Edelsteine den Glanz ihrer Politur, die Schärfe der Kanten und Gravierungen und die Reinheit der Flächen.

Die rohen Edelsteine, wie sie uns die Natur liefert, haben oft ein recht unansehnliches Äußere. Erst durch den Schliff treten ihre bestechenden Eigenschaften recht deutlich hervor. Man gibt den Edelsteinen, je nach ihrer Beschaffenheit und Größe, verschiedene herkömmliche Schliffformen, deren hauptsächlichste folgende sind (s. obenstehende Abbildungen):

1) Der Brillantschnitt, für den Diamanten und die meisten anderen Edelsteine der günstigste Schnitt.
2) Die Rosette, Raute oder Rose.
3) Der Tafelstein, bei Steinen von geringer Dicke angewendet.
4) Der Treppenschnitt.

Digitized by Google

5) Der gemischte Schnitt, eine Verbindung von Brillant- und Treppenschnitt.
6) Der muschelige oder mugelige Schnitt: flach gewölbte Form, die besonders für halbdurchsichtige Steine mit Farben- oder Lichtspiel vorteilhaft ist, wie für edlen Opal, Mondstein, Katzenauge und dergleichen.

Man unterscheidet an jedem geschliffenen und gefaßten Stein einen Oberteil (Krone, Pavillon), der über die Fassung hervorragt, einen unter der Fassung liegenden Unterteil (Culasse) und die in der Fassung steckende Kante (Rundiste) des Steines. Die Fassung selbst ist entweder randlich (à jour), wo Ober- und Unterseite frei sind; oder es wird die Unterseite durch die Fassung verdeckt (Kastenfassung). Der zweiten bedient man sich bei weniger reinen Steinen zum Verdecken etwaiger Fehler und zur Erhöhung des Glanzes und der Farbe durch Unterlegung einer Folie aus Metallblech. Geschliffen werden die Edelsteine auf Metallscheiben, die durch eine einfache mechanische Vorrichtung in rasche Umdrehung versetzt werden. Als Schleifmittel bedient man sich für die meisten Edelsteine fein pulverisierten Schmirgels, einer rohen Abart des Korunds. Für Diamant und Korund hingegen muß man Diamantpulver, das Diamantbort, verwenden; denn nur dieses ist hart genug, den härtesten Körper, den Diamant, anzugreifen. Nach dem Schleifen vervollständigt das mit Tripel, Zinnasche, Polierschiefer und dergleichen vorzunehmende Polieren den Glanz und die Glätte der Flächen.

Bei dem hohen Wert und der Beliebtheit der Edelsteine kann es nicht wundernehmen, daß es an Bemühungen nicht gefehlt hat, einerseits Verfälschungen und Nachahmungen vorzunehmen, anderseits echte Edelsteine auf künstlichem Wege zu erzeugen. Eine der gewöhnlichsten Fälschungen bilden die Dubletten. Der flache Teil eines echten Edelsteines wird an einen gleichgefärbten Glasfluß unkenntlich angeschmolzen. Unterzieht man nur die obere Seite einer näheren Prüfung, so meint man einen echten Edelstein vor sich zu haben, während doch nur die obere Tafel echt, das übrige wertlos ist. Früher wurden die beiden Bestandteile mit Mastix zusammengekittet: eine Fälschung, die in warmem Wasser durch Erweichen des Kittes und Zerfallen des Steines kenntlich war. Versuche, falsche Edelsteine aus Glasflüssen herzustellen, wurden, wie Plinius erzählt, schon von den Römern mit Erfolg unternommen. In neuerer Zeit hat man darin große Fortschritte gemacht und versteht es, die kostbarsten Edelsteine in Farbe und Glanz so vortrefflich nachzuahmen, daß selbst geübte Kenner, wenn sie nicht die Härteprobe vornehmen, Täuschungen unterliegen. Eine merklich höhere als die Glashärte (5) konnte man den künstlichen Glasflüssen, die nach ihrem Erfinder „Straß" genannt werden, nicht verleihen, und so gibt denn die geringere Härte ein leichtes und sicheres Mittel zur Unterscheidung der Nachahmungen an die Hand. Zur Bereitung von Straß gibt es verschiedene Vorschriften. Am häufigsten nimmt man 32 Prozent Bergkristall, bis 50 Prozent Bleisuperoxyd (Mennige), 17 Prozent Kali, 1 Prozent Borax und $^1/_{30}$ Prozent Arsenik. Überraschend schöne Glasflüsse mit prachtvollem Farbenspiel erhält man, wenn man statt des Kalis Thallium beimengt. Die Färbung des an sich farblosen Straß wird durch Zusatz von Metalloxyden erzielt.

Hat sich die Industrie hauptsächlich die Erzeugung billiger und doch schöner Nachahmungen zur Aufgabe gemacht, so hat es die Wissenschaft versucht, echte Edelsteine von derselben chemischen Zusammensetzung und denselben physikalischen Eigenschaften wie die natürlichen im Laboratorium auf künstlichem Wege darzustellen. Man hat diesen Zweck im kleinen verschieden erreicht. So hat Gaudin im Knallgasgebläse, das den höchsten bisher bekannten Hitzegrad liefert, reine Thonerde zu einem haselnußgroßen Kügelchen umgeschmolzen, dessen innere Höhlung mit winzigen Korundkriställchen bedeckt war. Ebelmen gelang es, durch Zusatz von Borax oder Borsäure zu den Bestandteilen des zu erzeugenden Edelsteines und geeignetes Umschmelzen die meisten Edelsteine in ziemlich großen Kristallen darzustellen. Auch Daubrée, Saint-Clair-Deville und Carou

Digitized by Google

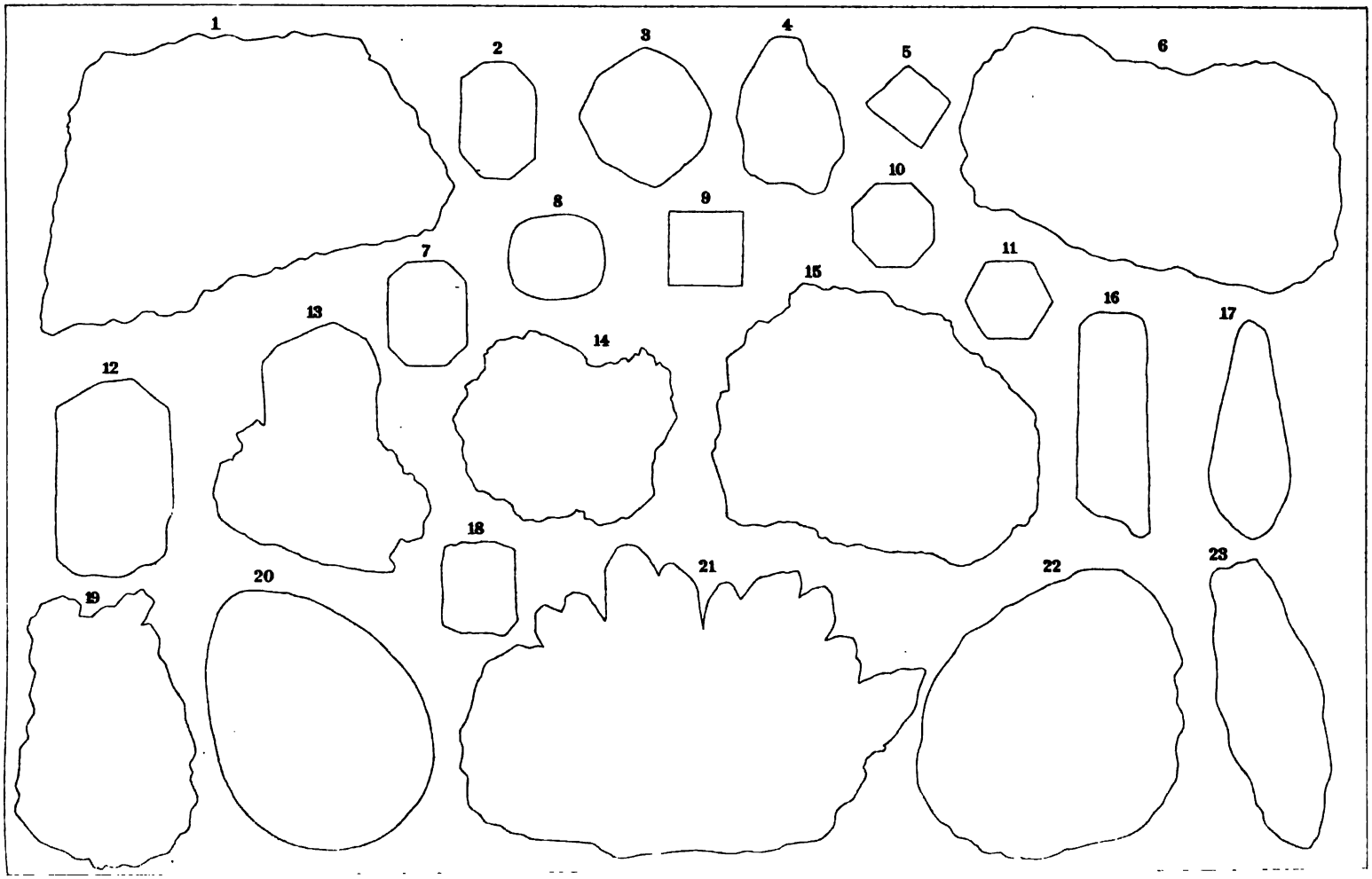
Digitized by Google

EDELSTEINE.

Digitized by Google

Digitized by Google

r Tafel: »*Edelsteine* «.]



Digitized by Google

Erklärung zur Tafel ‚Edelsteine'.

Fig. 1. **Edler Opal.** Ader in zersetztem Trachyt von Czerwenitza in Ungarn.

Fig. 2. **Edler Chrysolith.** Loser Kristall.

Fig. 3. **Edler Granat.** Loser rhombendodekaëdrischer Kristall.

Fig. 4. **Chrysoberyll.** Geschiebe vom Rio Piauhi, Minas noras, Kap Minas Geraës in Brasilien.

Fig. 5. **Edler Spinell.** Loser oktaëdrischer Kristall.

Fig. 6. **Pyrop** (böhmischer Granat). Körner, in Serpentin eingewachsen, von Meronitz in Böhmen.

Fig. 7. **Edler Beryll** (sibirischer Aquamarin). Ringstein, achteckig, mit Treppenschnitt.

Fig. 8. **Brasilischer Topas.** Ringstein, oval, oben mit Brillant-, unten mit Treppenschnitt.

Fig. 9. **Smaragd.** Ringstein, viereckig mit Treppenschnitt.

Fig. 10. **Orientalischer Rubin.** Ringstein, achteckig, mit Treppenschnitt.

Fig. 11. **Orientalischer Saphir.** Sechseckiger Ringstein mit Treppenschnitt.

Fig. 12. **Topas.** Abgebrochener, vorwiegend prismatisch entwickelter Kristall von Capao bei Villarica in Brasilien.

Fig. 13. **Turmalin** (Rubellit). Auf Glimmer aufgewachsener Kristall von Mursinsk bei Jekaterinburg im Ural.

Fig. 14. **Diamant.** Ungefähr 4—5 Karat schwer, Oktaëder mit dem Achtundvierzigflächner, in grünem, vulkanischem Tuffe, von Bultfontein in Südafrika.

Fig. 15. **Smaragd-Kristalle,** mit Calcit in bituminösem Kalkstein, von Santa Fé de Bogotá in Kolumbien.

Fig. 16. **Beryll.** Abgebrochener Kristall aus Sibirien.

Fig. 17. **Saphir.** Loser Kristall, von der Edelsteinwäsche Ratmassura auf Ceylon.

Fig. 18. **Rubin.** Loser Kristall, treppig gebaut, mit Zwillingslamellen.

Fig. 19. **Granat** (Kaneelstein). Kristalle, mit Diopsid, Calcit und Chlorit zu einer Gruppe vereinigt, von der Mussa-Alpe in Piemont.

Fig. 20. **Onyx.** Mugelig geschliffen, aus Arabien.

Fig. 21. **Amethyst-Druse** von Prokura in Siebenbürgen.

Fig. 22. **Achat.** Eben geschliffen, aus Ostindien.

Fig. 23. **Türkis.** Ader in Kieselschiefer, von Mesched im nordöstlichen Persien.

Die Originale hierzu befinden sich sämtlich im Naturhistorischen Hofmuseum in Wien.

Digitized by Google

Erklärung zur Tafel „Edelsteine".

Fig. 1. Edler **Opal.** Aber in zersetztem Trachyt von Cervenitza in Ungarn.

Fig. 2. Edler **Chrysolith.** Loser Kristall.

Fig. 3. Edler **Granat.** Loser rhombendodekaëdrischer Kristall.

Fig. 4. **Chrysoberyll.** Geschliebe vom Rio Pianhi, Minas geras, Kap Minas Geraës in Brasilien.

Fig. 5. Edler **Spinell.** Loser oktaëdrischer Kristall.

Fig. 6. **Pyrop** (böhmischer Granat). Körner, in Serpentin eingewachsen, von Meronitz in Böhmen.

Fig. 7. Edler **Beryll** (sibirischer Aquamarin). Ringstein, achteckig, mit Treppenschnitt.

Fig. 8. Brasilischer **Topas.** Ringstein, oval, oben mit Brillant-, unten mit Treppenschnitt.

Fig. 9. **Smaragd.** Ringstein, viereckig mit Treppenschnitt.

Fig. 10. Orientalischer **Rubin.** Ringstein, achteckig, mit Treppenschnitt.

Fig. 11. Orientalischer **Saphir.** Sechseckiger Ringstein mit Treppenschnitt.

Fig. 12. **Topas.** Abgebrochener, vorwiegend prismatisch entwickelter Kristall von Capao bei Villarica in Brasilien.

Fig. 13. **Turmalin** (Rubellit). Auf Glimmer aufgewachsener Kristall von Mursinsk bei Jekaterinburg im Ural.

Fig. 14. **Diamant.** Ungefähr 4—5 Karat schwer, Oktaëder mit dem Achtundvierzigflächner, in grünem, vulkanischem Tuff, von Bultfontein in Südafrika.

Fig. 15. **Smaragd-Kristalle,** mit Calcit in bituminösem Kalkstein, von Santa Fé de Bogotá in Kolumbien.

Fig. 16. **Beryll.** Abgebrochener Kristall aus Sibirien.

Fig. 17. **Saphir.** Loser Kristall, von der Edelsteinwäsche Ratnapura auf Ceylon.

Fig. 18. **Rubin.** Loser Kristall, treppig gebaut, mit Zwillingslamellen.

Fig. 19. **Granat** (Kanelstein). Kristalle, mit Diopsid, Calcit und Chlorit zu einer Gruppe vereinigt, von der Mussa-Alpe in Piemont.

Fig. 20. **Onyx.** Mugelig geschliffen, aus Arabien.

Fig. 21. **Amethyst-Druse** von Prokura in Siebenbürgen.

Fig. 22. **Achat.** Eben geschliffen, aus Ostindien.

Fig. 23. **Türkis.** Aber in Kieselschiefer, von Mesched in nordöstlichen Persien.

Die Originale hiezu befinden sich sämtlich im Naturhistorischen Hofmuseum in Wien.

Digitized by Google

haben das Problem der künstlichen Herstellung von Edelsteinen durch sinnreiche, meist ziemlich komplizierte Methoden gelöst und dadurch Ergebnisse erzielt, die zwar von der Wissenschaft als hochwichtige Bereicherung des Wissens freudig begrüßt worden sind, aber doch keine praktische Bedeutung gewonnen haben.

Den ersten Rang unter den Edelsteinen nimmt vermöge seiner von keinem anderen Körper erreichten Härte (10), seiner außerordentlich starken Lichtbrechung und Farbenzerstreuung der Diamant ein. Die Griechen nannten ihn den unbezwingbaren (ἀδάμας). Seine große Härte war ihnen wohl bekannt, nur wußten sie nicht, daß ein harter Körper gleichzeitig auch sehr spröde sein kann, und glaubten daher, daß der Diamant, auf einen eisernen Amboß gelegt, nicht nur den stärksten Hammerschlägen widerstehe, ja sogar den Hammer und Amboß selbst zum Zerbersten bringen könne. In frischem Bocksblut dagegen sollte der Diamant wie die Perlen im Essig lösbar sein. Auch das Mittelalter verharrte bei diesem Glauben. Albertus Magnus, der gelehrte Dominikaner („Doctor universalis", 1193—1280), hielt das Bocksblut namentlich dann für besonders kräftig, wenn der Bock zuvor Petersilie gefressen und Wein getrunken habe. Verzeihlicher als dieser Aberglaube ist die irrige Meinung der Alten, daß der Diamant auch für das Feuer unbezwinglich ist. Gegenwärtig wissen wir längst, daß der Diamant sogar ziemlich leicht verbrennbar ist und, in reinem Sauerstoff verbrannt, Kohlensäure gibt. Er besteht demnach aus reinem Kohlenstoff: der hellste, härteste und durchsichtigste Körper entpuppt sich als ein allotroper Zustand der schwarzen, schmutzigen Kohle.

Während der Kohlenstoff in seiner Form als Kohle und Graphit in der Natur weitverbreitet ist, gehört der Diamant zu den seltenen Körpern. Nur ausnahmsweise waren in der Natur jene uns noch nicht bekannten Bedingungen gegeben, die den Kohlenstoff bewogen, die Form wasserheller, tesseraler Kristalle anzunehmen. Man hat am Diamanten alle vollflächigen Kristalle des tesseralen Systems beobachtet. Die Kristallflächen sind meist eigentümlich gerundet oder gewölbt (s. die beigeheftete Tafel „Edelsteine", Fig. 14) und durch jenen besonders lebhaften Glanz ausgezeichnet, den man den Diamantglanz nennt. Sein spezifisches Gewicht beträgt 3,52. Der Diamant ist meistens farblos, durchsichtig und wasserhell; er kann aber auch eine weiße, graue, grüne, gelbe, ja sogar rote, blaue und schwarze Färbung annehmen. Rote, blaue und grüne Diamanten finden sich allerdings nur sehr selten und werden dann noch höher bezahlt als die feurigsten, wasserhellen Steine. Wie die größte Härte, so besitzt der Diamant auch das stärkste Lichtbrechungsvermögen, doch kommen ihm darin der flüssige Schwefelkohlenstoff, das Kassiaöl und das Sassafrasöl so nahe, daß er in diesen Flüssigkeiten nahezu unsichtbar wird. Nur Fehler, Flecke und Sprünge heben sich so deutlich hervor, daß man sich dieses Verfahrens zur Prüfung von Diamanten bedienen kann.

Der Diamant kommt nicht nur in Form von Kristallen und Kristallgruppen vor, sondern auch als Bort in Gestalt kleiner, radialstängeliger Kugeln und als Karbonat (Carbonado) in Form schwarzer, kristallinischer, rundlicher Körper, die beim Verbrennen bis zu 2 Prozent Asche hinterlassen. Lange kannte man nur die losen Kristalle, die auf zweiter oder dritter Lagerstätte in jetztzeitlichen Anschwemmungen von Flüssen oder in älteren Schwemm-, Schutt- und Konglomeratbildungen vorkommen und von Quarzgeröllen, Gold, Platin, Topas, Turmalin, Andalusit, Zirkon, Zinnstein, Granat und mehreren wertvollen und seltenen Stoffen begleitet werden. Später fand man den Diamanten in seinen Muttergesteinen eingeschlossen und zwar zunächst im Itakolumit oder Gelenkschiefer Brasiliens, einem kristallinischen Schiefer, der in nicht zu dicken Platten eine auffallende Biegsamkeit besitzt. Man erwartete bei der großen Verbreitung des Itakolumits von dieser Entdeckung seinerzeit große praktische Konsequenzen, die aber bei der Seltenheit der Diamanteinschlüsse ebensowenig erfolgt sind, als sich die Hoffnung erfüllt hat, daß dieses

Digitized by Google

Vorkommen geeignet sein werde, Aufschlüsse über die Bildungsweise der Diamanten zu geben. Die Wissenschaft ist hierin noch zu keinen entschiedenen Resultaten gelangt, und die Frage nach der Entstehung des Diamanten ist immer noch offen. Bei Beobachtung gewisser schwarzer Punkte und zellenartiger Einschlüsse im Diamanten hatte man der Vermutung organischen Ursprungs Raum gegeben; doch war diese Deutung falsch.

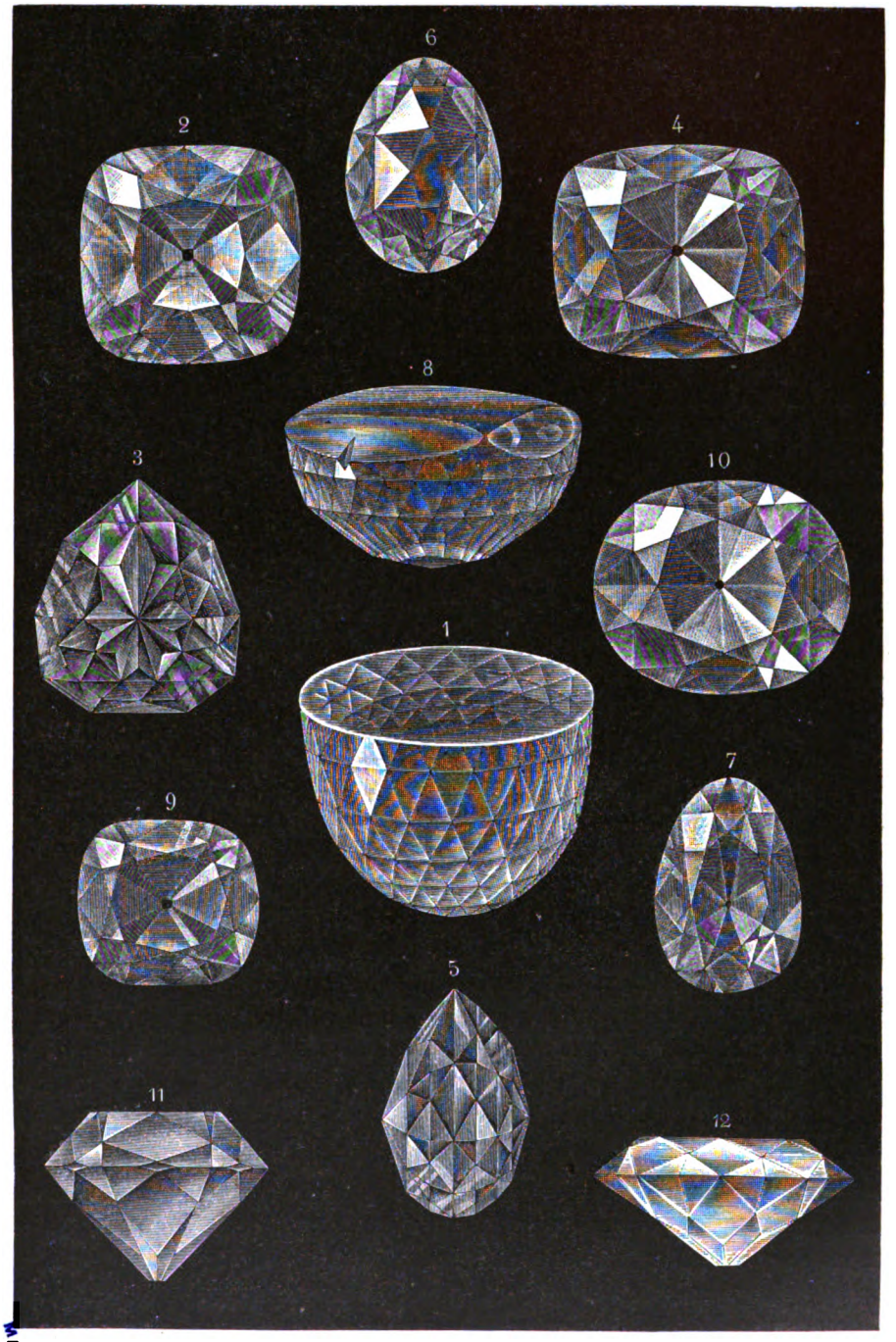
Auch die Versuche, Diamanten künstlich zu erzeugen, sind nicht befriedigend ausgefallen. Despretz ließ im luftleeren Raum einen starken elektrischen Strom lange Zeit durch einen Kohlenzylinder hindurchgehen und fand nach Verlauf von über einem Monat eine dünne Schicht schwarzen, karbonatähnlichen Staubes abgelagert, der unter dem Mikroskop bei dreißigfacher Vergrößerung die reguläre Kristallform von Oktaëdern erkennen ließ und zum Polieren von Rubin geeignet war. Es war also auf diesem Wege wenigstens gelungen, die „Karbonat" genannte Modifikation von Diamant künstlich herzustellen.

Die ältesten Fundorte von Diamanten liegen in Ostindien, von woher die meisten altberühmten, großen Prachtsteine stammen. Hier kommen sie in der Vindhya-Series, einer mächtigen Ablagerung von wahrscheinlich paläozoischem Alter, vor und liegen in einem Konglomerat oder einer Sandsteinbreccie, werden aber auch auf dritter Lagerstätte in Flußalluvien aufgefunden. Gegenwärtig sind die Lager infolge jahrhundertelanger Ausbeutung ziemlich erschöpft.

Hinter Ostindien hat Brasilien die Hauptmenge von Diamanten geliefert. Die reichsten Fundorte befinden sich im losen Schwemmgebirge bei Diamantina, früher Toluco genannt, in der Provinz Minas Geraës und in der Provinz Bahia. Man hatte in den dortigen Goldwäschen schon lange glänzende Steine gefunden; ihr wahrer Wert wurde aber erst im Jahre 1727 bekannt. Die brasilischen Diamanten machten den indischen bald empfindliche Konkurrenz, mußten aber anfangs zur Beseitigung des Mißtrauens, das die um die Entwertung ihrer Vorräte besorgten Händler absichtlich wachgerufen hatten, erst nach Ostindien gebracht werden, um dann als indische Diamanten in den Handel zu gelangen. Auf ähnlichen Lagerstätten wie in Brasilien hat man Diamanten mit Gold vergesellschaftet im Ural aufgefunden, ferner in Mexiko, in Kalifornien und anderen Ländern Nordamerikas sowie an mehreren Punkten Australiens; doch waren diese Funde nicht reichlich genug, um eine Bewegung auf dem Weltmarkt hervorzurufen.

Um so größer war dagegen der merkantile Einfluß der Entdeckung der Kapdiamanten, die im Jahre 1867 am Orangefluß erfolgte. Besonders reich erwies sich das Griqualand am Vaalflusse. Anfangs suchten nur die holländischen Boers die Diamanten in den Flußalluvionen auf; bald aber bemächtigten sich amerikanische und europäische Diamantensucher der Gelände. Jetzt entwickelten sich dieselben abenteuerlichen sozialen Verhältnisse wie ehemals in den Goldfeldern Kaliforniens. Bald entdeckte man, daß sich die Diamanten nicht nur in den rezenten Flußalluvionen, sondern noch lohnender auf der baumlosen Plateauhöhe vorfänden. Hier wurde die ursprüngliche Lagerstätte der Diamanten aufgesucht, die aus vulkanischem Gestein gebildet wird. Die Diamanten sind neben Bruchstücken von Gneis und anderen kristallinischen Schiefern in einem grünlichen, doleritischen Tuff eingebettet, der in Form von schlot- oder kraterartigen, rundlich begrenzten Massen in die Sandsteine und Schiefer der Karrooformation eingesenkt ist. Auf der Tafel bei S. 639, Fig. 14, sieht man einen Kapdiamanten, der im Muttergestein eingeschlossen ist und jenen schwach gelblichen Farbenton erkennen läßt, der den meisten Kapdiamanten eigentümlich ist. Außerdem wurden in postpliocänen Sanden des Transvaalgebietes auf zweiter Lagerstätte Diamanten aufgefunden, die mit Geröllen von Quarz, Achat, Dolerit mit Topas, Granat, Ilmenit, ähnlich wie in Brasilien, vergesellschaftet waren. Die Hauptmasse der geförderten Diamanten lieferten die vier Gruben Kimberley, Old de Beers, Bultfontein und Du Toits Pan; die Gewinnung des kostbaren Stoffes wird dem Verbrauch angepaßt. Somit sind

Digitized by Google



Die größten Diamanten.

1) Großmogul, 279 Karat; 2 und 11) Regent oder Pitt, im französischen Kronschatz, 136¾ Karat; 3 und 5) Florentiner, im Schatze des österreichischen Kaisers, 133⅓ Karat; 4 und 12) Stern des Südens, aus Brasilien, in Privatbesitz, 125 Karat; 6) Sancy, im Besitze des russischen Kaisers, 53½ Karat; 7) Grüner Diamant, im Grünen Gewölbe zu Dresden, 40 Karat; 8) Kohinur, im englischen Kronschatz, alte Form, 280 Karat; 10) Derselbe, neue Form, 106 1/16 Karat; 9) Blauer Diamant, von Hope in Amsterdam, 44¼ Karat.

Vgl. Text, S. 642.

Digitized by Google

Erzeugung sowohl wie der sich danach richtende Preis künstlich geregelt. Seit dem Jahre 1867 hat Südafrika allein bis zum Jahre 1892 ungefähr 50 Millionen Karat = 10,256 kg Diamanten geliefert. Brächte man diese auf einem Raume zusammen, so ergäbe sich eine Masse von 2,93 Kubikmeter Inhalt oder ein Würfel mit einer Kantenlänge von 1,43 m, der einen Wert von 1400 Millionen Reichsmark hätte.

So merkwürdig wie die Naturgeschichte der Diamanten sind auch die Schicksale einzelner Steine, die durch Größe und besondere Schönheit berühmt geworden sind. Für den vollkommensten und schönsten Brillanten hält man den Regent oder Pitt des französischen Kronschatzes (s. Abbildung, S. 641, Fig. 2 u. 11), der ein Gewicht von 136¾ Karat besitzt. Er wurde im Jahre 1702 in den Diamantengruben von Partlat bei Golkonda in Ostindien von einem Sklaven aufgefunden, der sich an den Lenden verwundete, um ihn unter dem Verbande zu verstecken. Um den seltenen Stein zu verwerten, vertraute er sich einem Matrosen an, der den Diamanten zu sich nahm, den Sklaven aber ertränkte. Der Matrose verkaufte ihn für 20,000 Mark an Pitt, den damaligen Gouverneur des Forts Saint George, vergeudete in kurzer Zeit das Geld und erhängte sich. Pitt aber, nach dem der Stein benannt wurde, verkaufte ihn für 3 Millionen Mark an die Krone Frankreich. Der Stein hatte damals ein Gewicht von 410 Karat; er verlor durch das Schleifen, das zwei Jahre in Anspruch nahm und 80,000 Mark kostete, zwei Drittel seiner Größe. Die abgesprengten Stücke besaßen noch einen Wert von 144,000 Mark. In den Schreckenstagen des Jahres 1792 wurde er mit sämtlichen Krondiamanten geraubt, aber bald wieder aufgefunden. Die erste Republik versetzte ihn beim Berliner Kaufmann Treskow, und nach der Einlösung zierte er den Degenknopf Napoleons I. Der größte der berühmten Diamanten Europas ist der Orlow mit dem Gewichte von 194¾ Karat; er hat die Form einer facettenreichen Rosette. Er stammt aus Indien, wo er früher eins der Augen einer Götterstatue gebildet haben soll, und kam in den Besitz des Schah Nadir von Persien. Nach dessen Ermordung entwendete ihn ein französischer Grenadier, und nach wechselvollen Schicksalen wurde er vom russischen Grafen Orlow für die Kaiserin Katharina II. erstanden. Seither bildete er die Spitze des russischen Zepters. Eine ähnliche Form wie der Orlow besitzt der 279 Karat schwere Großmogul (s. Abbildung, S. 641, Fig. 1), der im Jahre 1550 in der Grube Colone gefunden wurde. Der Kohinur, Berg des Lichtes (s. Abbild., S. 641, Fig. 8 u. 10), ist in seiner neuen Form ein etwas flacher, ovaler Brillant und befindet sich im Eigentume der Königin Viktoria von England. Er war in früheren Jahrhunderten der Talisman und Kronjuwel indischer Radschas und gelangte zuletzt in den Besitz des Herrschers von Lahor, wo er von englischen Truppen im Jahre 1850 erbeutet wurde. Im Jahre 1852 wurde er von dem berühmten Diamantenschleifer Voorsanger in Amsterdam in 38 Tagen zur Brillantform zugeschliffen, wodurch sein Gewicht von 280 auf 106 1/16 Karat herabgemindert wurde. Der Florentiner oder Großherzog von Toscana (Fig. 3 u. 5), der sich gegenwärtig im Schatze des österreichischen Kaisers befindet, war früher einer der berühmten Diamanten Karls des Kühnen von Burgund. Dieser hatte ihn 1475 in der Schlacht bei Granson verloren, wo er von einem Schweizer auf der Landstraße gefunden und für einen Gulden an einen Geistlichen verkauft wurde; der Geistliche trat ihn für 3 Frank an die Berner ab. Endlich gelangte er in den Besitz des Mailänder Regenten Ludovico Marco Sforza, wurde später vom Papste Julius II. erstanden und kam endlich nach Wien. Ebenfalls früher im Schatze Karls des Kühnen war der Sancy, ein nur 53 1/2 Karat schwerer, aber schöner, ovaler Brillant. Der Herzog trug ihn 1477 in der Schlacht von Nancy, in der er sein Leben verlor. Ein Schweizer Soldat nahm ihn bei der Plünderung an sich und verkaufte ihn um ein Geringes. Er ging durch viele Hände, darunter auch die des Chevalier Sancy, bis er in den französischen Kronschatz gelangte; aber auch da blieb er nicht dauernd, sondern wurde unter den Napoleoniden

Digitized by Google

an den russischen Kaiser verkauft. Der Stern des Südens (Fig. 4 u. 12) wog ursprünglich 254½ Karat und ist der größte in Brasilien gefundene Diamant. Unter den farbigen Diamanten sind am berühmtesten der saphirblaue Hope (Fig. 9), im Besitze der Familie gleiches Namens, und der Grüne Diamant (Fig. 7) aus dem Grünen Gewölbe in Dresden.

Die seltenen Eigenschaften des Diamanten machen ihn nicht nur zum Schmucke geeignet, sondern befähigen ihn auch zu segensreicher Verwendung. Man benutzt ihn nicht nur zum Schleifen und Glasschneiden, sondern auch zum Bohren harter Gesteine, und dabei erspart der mit staunenswerten Resultaten arbeitende Diamant dem Menschen unendlich viel Arbeit, Kosten und Zeit. Vermöge seines starken Lichtbrechungsvermögens eignet er sich in hervorragender Weise zur Herstellung von mikroskopischen Linsen und würde gewiß viel mehr benutzt werden, wenn es Preis und Seltenheit gestatteten.

Als zweiten in der Reihe der Edelsteine betrachtet man allgemein den Korund. Er ist nach dem Diamanten der härteste Edelstein; sein Härtegrad ist 9, das spezifische Gewicht 3,9—4. Wie der Diamant aus einem jener Stoffe besteht, die in der Natur am allerweitesten verbreitet sind, so auch der Korund, der nichts anderes ist als reine, kristallisierte Thonerde (Al_2O_3). Seine Kristalle gehören zum rhombischen System; häufig sind die sechsseitige Säule und die sechsseitige Pyramide (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 17 u. 18). Die durchsichtigen, als Edelsteine benutzten losen Kristalle und Geschiebe bringt man meist aus Indien, Ceylon und Barma, wo sie in Schwemmbildungen auf zweiter Lagerstätte vorkommen. Ihre ursprüngliche Heimat sind die kristallinischen Massen- und Schiefergesteine, die Granite, Gneise, Glimmerschiefer und kristallinischen Kalke. In diesen Gesteinen eingewachsen kennt man den Korund von Indien, Ceylon, China, von Jekaterinburg und Mijask am Ural und von Chester in Massachusetts. In der Culsageegrube Nordcarolinas wurden bis über 3 Zentner schwere Kristalle, freilich nicht von der reinen, als Schmuck verwendbaren Varietät, sondern in Form des wenig durchsichtigen, verschiedentlich gefärbten, gemeinen Korunds oder Demantspats gefunden. Eine einheimische, gegenwärtig verlassene, früher aber ausgebeutete Lokalität ist die Iserwiese im Isergebirge, wo der Korund mit Spinell, Granat, Zirkon und Titaneisen (Iserin) in einer losen Ablagerung vorkommt.

Man unterscheidet elf Farbenvarietäten dieses Edelsteins, die verschieden hoch geschätzt werden. Am höchsten bewertet ist der karmesin- oder kochenillerote Rubin (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 10), der schon im Altertum als Anthrax oder Carbunculus sehr beliebt war. Als Saphir bezeichnet man die blauen Varietäten vom dunkelsten bis zum lichtesten Blau (s. dieselbe Tafel, Fig. 11). Der gelbe Korund wird orientalischer Topas, der grünlichblaue orientalischer Aquamarin, der äußerst seltene, gesättigt dunkelgrüne orientalischer Smaragd genannt. Der gelblichgrüne Korund bildet den orientalischen Chrysolith, der rötlichgelbe den orientalischen Hyacinth, der violette den orientalischen Amethyst, der wasserhelle, diamantähnliche den Leukosaphir oder weißen Saphir. Als Sternsaphir, Asterie oder Sternkorund bezeichnet man durchscheinende, verschieden gefärbte Korunde, die bei lebhafter Beleuchtung im Inneren einen sechsstrahligen Lichtstern zeigen, und orientalischer Girasol oder Sonnenstein heißen verschieden gefärbte Korunde, die auf der konvex geschliffenen Seite eigentümlich helle Lichtschimmer erblitzen lassen.

Nach dem Diamant und Korund folgt als dritter der Chrysoberyll, mit der Härte 8,5 und dem spezifischen Gewichte 3,7. Er besteht aus Beryll- und Thonerde ($BeO.Al_2O_3$) mit einem geringen Eisengehalt. Nur selten gelangen seine rhombischen Kristalle in den Handel; meist liegen uns nur Geschiebe vor, die am schönsten in Borneo, Ceylon und Brasilien gefunden werden (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 4). Was man am Chrysoberyll am meisten schätzt, ist der schöne, wogende Lichtschein, den er bei hellgrüner Färbung im Inneren zeigt.

Digitized by Google

Vorwiegend rot gefärbt sind die Varietäten des Spinells, eines Edelsteins vom spezifischen Gewichte 3,5—4,1 und dem Härtegrad 8. Der Spinell wird aus Thonerde und Bittererde ($MgO.Al_2O_3$) zusammengesetzt und nimmt kristallisiert meist die einfache Oktaederform an (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 5). Der gewöhnliche und der schwarze Spinell (Pleonast) erscheinen da und dort als zufällige Bestandteile von kristallinischen Schiefern; der edle Spinell dagegen ist selten, und nur Ceylon, Ostindien, Pegu und Barma bringen diesen Edelstein in größerer Menge in den Welthandel. Die Juweliere unterscheiden nach den Farbennüancen den dunkelroten Rubinspinell, den kochenilleroten Almandinspinell, den gelblichroten Rubizell, den blauen Saphirin, den grünen Chlorospinell und den schwarzen, zu Trauerschmuck geeigneten Pleonast.

Der Topas bildet weingelbe, stängelige Kristalle von ausgeprägt rhombischer Form, unter Vorherrschen der Prismenflächen (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 12 u. 8). Die Härte ist 8, das spezifische Gewicht wie beim Diamanten 3,5—3,7. Die chemische Zusammensetzung ist komplizierter als bei den vorhergehenden Edelsteinen: im Topas treten Kieselerde, Thonerde und Fluor nach der Formel $5Al_2SiO_5+Al_2SiFl_{10}$ zu einer Verbindung zusammen. Früher gehörte der Topas zu den geschätztesten Edelsteinen; gegenwärtig hat er teils durch reiche Funde, teils durch die Konkurrenz mit der gelb gefärbten Varietät des Quarzes (Citrin, böhmischem Topas) an Wert verloren. Seine ursprüngliche Lagerstätte sind die kristallinischen Gesteine, Granit und Gneis. Unter den europäischen Fundorten ist der hervorragendste der Schneckenstein bei Auerbach im Vogtland, der im Jahre 1737 entdeckt wurde und zahllose, bis 4 Zoll lange, blaßgelbe Topaskristalle enthielt. Nunmehr ist der 80 Fuß hohe, ehemals wertvolle Felsen gänzlich abgebaut, und gegenwärtig versehen uns Brasilien und Sibirien hauptsächlich mit Topasen.

Das nächste Glied in der Reihe der Edelsteine bildet der grün gefärbte Beryll. Seine häufigste Erscheinungsform ist die hexagonaler, säulenförmiger Kristalle. Die Härte dieses Edelsteines liegt zwischen 7,5 und 8, das spezifische Gewicht beträgt 2,67—2,76. Seine chemischen Bestandteile sind Beryllerde, Thonerde und Kieselsäure ($3BeO.Al_2O_3.6SiO_2$). Der gemeine Beryll ist ein ziemlich häufiges, accessorisches Begleitmineral der Granite, das man in Kristallen bis zu 30 Zentner Schwere angetroffen hat. Die als Edelsteine brauchbaren Varietäten, der intensiv grüne Smaragd (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 9 und 15) und der meergrüne Aquamarin oder edle Beryll (Fig. 7 und 16), sind dagegen selten.

Der Smaragd war der beliebteste Edelstein der Alten. Nach Herodot war der Ring des Polykrates durch einen prächtigen Smaragd ausgezeichnet, und Plinius nennt ihn den Edelstein, an dessen Farbe sich das Auge nicht satt sehen könne. Bei den Ägyptern diente der Smaragd auch zum Schmucke der Mumien. In Zabarah bei Kosseir am Roten Meere befinden sich Smaragdgruben, die nach einer Hieroglypheninschrift schon 1650 v. Chr. in Betrieb standen. Auch das Mittelalter hielt den Smaragd hoch in Ehren und erzählte sich merkwürdige Dinge von seinen geheimen Kräften. Wissen wir doch selbst heute noch nicht, wodurch das entzückende Grün des Smaragds verursacht wird. Die Mineralogen führen es auf eine spurenhafte Beimengung von Chromoxyd zurück, Levy dagegen auf organische Substanz. Den berühmtesten Fundort von Smaragden bilden die im Jahre 1555 entdeckten Gruben im Tunkathale Kolumbiens. Hier tritt der Smaragd in versteinerungsreichem, bituminösem Kalkstein und schwarzem Thonschiefer auf, in Begleitung von Calcit, Quarz und Pyrit. Die uralischen Smaragde von Takowaja bei Jekaterinenburg liegen dagegen im Glimmerschiefer; ebenso die kleinen Kristalle des Habachthals im Salzburgischen.

Als Aquamarin oder edlen Beryll bezeichnet man die durchsichtigen, säulenförmigen Kristalle von meergrüner, ins Hellbräunliche oder auch ins Gelbe verlaufender Farbe. Der Beryll ist häufiger als der Smaragd und weniger wertvoll. Die Alten benutzten ihn wegen seiner angeblichen Heilkraft zu Augengläsern: unsere Bezeichnung „Brille" rührt daher.

Digitized by Google

Der Zirkon oder Hyacinth ist ein tetragonal kristallisierendes Mineral mit dem Härtegrad 7,5 und dem spezifischen Gewicht 4,4—4,7 und ist aus Kieselsäure und Zirkonerde nach der Formel $ZrO_2.SiO_2$ zusammengesetzt. Rötlich oder bräunlich gefärbt, wird er durch Glühen farblos und kann dann leicht für Diamant ausgegeben werden. Im durchfallenden Licht spielen im Inneren eigentümliche Wellen, die ihn von allen anderen Edelsteinen unterscheiden. Wie die meisten Edelsteine ist auch der Zirkon ein Begleitmineral der kristallinischen und vulkanischen Gesteine; in großen und schönen Exemplaren wird er aber nur selten gefunden.

Die bisher genannten Edelsteine pflegt man als Edelsteine ersten Ranges zu bezeichnen. Die folgenden sind häufiger, haben weniger bemerkenswerte Eigenschaften und stehen tiefer im Preise. Man nennt sie deshalb Edelsteine zweiten Ranges.

Der bekannteste unter diesen ist der Granat. Seine chemische Zusammensetzung entspricht der Formel $3CaOAl_2O_33SiO_2$; doch können sowohl für die Kalkerde als die Thonerde andere gleichwertige Verbindungen als Ersatz eintreten. Die Härte schwankt zwischen 6,5 und 7,5, das spezifische Gewicht zwischen 3,4 und 4,3. Es gehört demnach der Granat zu den in chemisch-physikalischer Beziehung veränderlichsten Mineralen; nur seine reguläre Kristallform ist bei allen Abarten dieselbe. Der Granat begleitet überaus oft die kristallinischen Schiefer, namentlich den Glimmerschiefer. Außerdem tritt er in Serpentin, in körnigen Kalksteinen am Kontakt dieser mit Eruptivgesteinen und in diesen selbst auf. Zu Edelsteinen verarbeitet man hauptsächlich folgende Abarten: den honiggelben oder hyacinthroten Hessonit oder Kaneelstein (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 19), den kirschroten Almandin und den feurig blutroten Pyrop, den Carbunculus oder Karfunkel der Alten (Fig. 6). Am häufigsten wird der Pyrop oder böhmische Granat als Edelstein benutzt. Im Gegensatz zu den übrigen Granatvarietäten bildet der Pyrop nur selten deutliche Kristalle; meist erscheint er in Form gerundeter Körner, die in Serpentin eingewachsen sind. Er wird aber auch auf zweiter Lagerstätte in Flußanschwemmungen lose gefunden. Der schwarze, in vulkanischem Gestein eingeschlossene Melanit wird in untergeordnetem Maße zu Trauerschmuck verschliffen.

Der Turmalin übertrifft an Reichtum der Kristallform und Mannigfaltigkeit der chemischen Zusammensetzung selbst den vielgestaltigen Granat. Nebst Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Talkerde und Borsäure beteiligen sich Kalk, Natron, Kali, Lithion, Mangan und Fluor, also zwölf Stoffe, an seiner Zusammensetzung. Er kristallisiert im hexagonal-rhomboëdrischen System; die Enden der prismatisch gestreckten Kristalle haben die Eigentümlichkeit, verschiedenflächig entwickelt zu sein. Erwärmt man einen solchen Kristall, so zeigt er auf dem einen Ende positive, am anderen negative Elektrizität; auf seine elektrischen Eigenschaften bezieht sich der alte Name „Aschenzieher". Auch in der Geschichte der Optik spielte er eine große Rolle, da dünne Platten davon zuerst als Polarisationsinstrument verwendet worden sind. Das spezifische Gewicht des Turmalins beträgt 2,94—3,24, die Härte 7—7,5. Er ist ein Begleiter des Granits und der kristallinischen Schiefer. In der gewöhnlichen Form als gemeiner Turmalin oder Schörl ist er schwarz und undurchsichtig und findet keine Verwendung als Schmuckstein; der durchsichtige und verschiedenartig gefärbte edle Turmalin dagegen wird hochgeschätzt. Die rote Varietät (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 13) kommt als Siberit oder Rubellit in den Handel und kann mit Rubin verwechselt werden; die blaue Art wird Indikolith oder brasilischer Saphir, die grüne brasilischer Smaragd genannt.

Der Chrysolith (edler Olivin, Peridot, s. die Tafel bei S. 639, Fig. 2) ist ein Edelstein von goldig-grüner, durchsichtiger Farbe. Die chemische Zusammensetzung entspricht einer Mischung von Mg_2SiO_4 und Fe_2SiO_4; die Härte ist 6,5—7. Die Gestalt der rhombischen Kristalle ist kurz säulenförmig oder dicktafelig. Der Chrysolith oder Olivin hat mehrere Varietäten;

Digitized by Google

aber nur die durchsichtigen, losen Kristalle, die aus Natolien, Oberägypten, Brasilien, Pegu und Ceylon in den Handel gelangen, geben schöne Edelsteine ab, die höher geschätzt würden, wenn sie nicht so leicht der Abnutzung der Politur durch den Gebrauch unterlägen.

Die schöne, bei keinem anderen Edelstein wiederkehrende, himmelblaue Färbung verleiht dem Türkisen oder Kalait, der undurchsichtig ist und nur den sechsten Härtegrad aufweist, seine Beliebtheit. Er ist ein wasserhaltiges Thonerdephosphat mit geringen Eisen- und Kupferverbindungen. Niemals bildet er Kristalle, sondern erscheint nur in dichten Partien, die in Kieselschiefer und anderen Gesteinen eingesprengt sind (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 23). Medsched bei Herat und Nischapur in Persien sind die wichtigsten Fundorte. Der Türkis hat an Wert bedeutend eingebüßt, seitdem man ihn künstlich erzeugt und überdies ein natürliches Produkt kennen gelernt hat, das zwar seiner Substanz nach vom Türkisen vollkommen verschieden, äußerlich aber davon nicht zu unterscheiden ist: das zuweilen blau gefärbte Elfenbein eiszeitlicher Elefanten Sibiriens, das man zum Unterschied vom echten Türkisen „Beintürkis" zu nennen pflegt.

Zu den Edelsteinen zweiten Ranges rechnet man noch den edlen Opal, obwohl er zu der im allgemeinen minderwertigen Gruppe der Kieselsäureminerale gehört. Der edle Opal verdient mit Recht diese höhere Schätzung; denn er schimmert bei milchweißer Grundfarbe schön in den Regenbogenfarben (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 1). Dieses „Opalisieren" genannte Farbenspiel rührt wahrscheinlich von zahllosen, feinen, mikroskopischen Rissen her, die seine ganze Masse durchsetzen. Die edlen Opale des Altertums kamen aus Indien; in der Gegenwart wird fast nur der Fundort Czerwenitza in Oberungarn ausgebeutet, wo dieser Edelstein gewisse Teile eines zersetzten Trachyts durchzieht. Der größte bekannte Edelopal ist über 4 Zoll lang, 2½ Zoll dick und befindet sich im Hofmuseum in Wien.

Außer den besprochenen werden noch mehrere andere Minerale, wenn sie in besonders schönen Exemplaren vorliegen, gelegentlich als Edelsteine verschliffen: der blaue Cordierit, der blaugrüne Euklas, der wasserhelle Phenakit, der grün bis braun gefärbte Vesuvian, der blaue Cyanit oder Disthen, der Staurolith, der Andalusit und der pistazien- oder olivengrüne Pistazit oder Epidot. Ihre Verwendung aber ist sehr beschränkt.

Halbedelsteine. Als Halbedelsteine faßt man eine Reihe von Schmucksteinen zusammen, die ihres häufigeren Vorkommens und weniger prächtigen Aussehens wegen minder hochgeschätzt werden als die eigentlichen Edelsteine im engeren Sinne. Mineralogisch genommen gehört der größte Teil der Halbedelsteine in die formenreiche Familie des Quarzes und des Opals, d. h. der wasserfreien und wasserhaltigen Kieselsteine.

Die wasserfreie Kieselsäure hat in der Natur als Quarz eine ausgesprochene Neigung zur Kristallform. Häufig begegnet man den hexagonal-rhomboëdrischen Kristallen des Quarzes, die gewöhnlich das sechsseitige Prisma, verbunden mit der sechsseitigen Pyramide, entwickeln. Der Quarz hat die Härte 7, sein spezifisches Gewicht bewegt sich zwischen 2,5 und 2,8. Unter den zahlreichen Abarten des Quarzes ist der reine, wasserhelle, farblose Bergkristall die typische.

Der Bergkristall war ehedem angesehener als heute. Man erzeugte daraus Trinkbecher und allerlei Luxusgefäße, während er heute hauptsächlich zu optischen Zwecken, zu Brillen, Normalgewichten und dergleichen verwendet wird. Die Römer und Griechen trieben einen großen Luxus mit Trinkgefäßen aus Bergkristall, den sie „Krystallos" nannten und für wirkliches, hochgradig erstarrtes Eis hielten, da man ihn von den mit ewigem Schnee bedeckten Gipfeln der Alpen brachte. Auch heute noch bilden die Schweizer Zentralalpen eine Fundstätte für Bergkristall. In deren kristallinischen Schiefern kommen Hohlräume und Klüfte vor, die „Kristallkeller", die ganz mit Kristallen ausgekleidet sind. Wegen ihrer unzugänglichen Lage im

Digitized by Google

Hochgebirge können diese Bergkristalle nur mit Lebensgefahr aus ihren Verstecken hervorgeholt werden. Ein solcher 1735 ausgebeuteter Kristallkeller im Zinkenstock des Berner Oberlandes enthielt Kristalle im Gewicht von 1000 Zentnern. Die größten Kristalle von 8 m im Umfang hat man auf der Insel Madagaskar gefunden.

Manche Bergkristalle sind rauchbraun gefärbt, während andere infolge ihrer weingelben, goldigschimmernden Farbe dem echten Topas ähnlich sind und daher Topasquarz, Citrin oder böhmischer Topas genannt werden. Beide Varietäten verarbeitet man zu allerhand Geräten und Schmucksachen. Die schönste Quarzvarietät bildet der violette Amethyst (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 21), der von den Alten ebenso hochgeschätzt wurde wie der Saphir. Sein Name bedeutet zu deutsch „nicht trunken": die Griechen meinten nämlich, daß er seinen Träger vor Trunkenheit schütze. Der Amethyst ist auch heute noch recht beliebt; seit man ihn aber aus Brasilien zu Tausenden von Zentnern nach Europa bringt, hat er an Wert verloren. Der Amethyst hat bei Tageslicht Ähnlichkeit mit einer gleichgefärbten Korundvarietät; bei künstlicher Beleuchtung tritt aber ein lebhafter Farbenunterschied hervor: während der Korund in schönem Violettrot erglänzt, sieht der Quarzamethyst blaß und fast grau aus.

Auch vom gemeinen, undurchsichtigen Quarz werden einige schön gefärbte Varietäten als Schmucksteine verwertet, so der rosenrote Rosenquarz, der lauchgrüne Prasem, der Avanturin, das Quarzkatzenauge und der Jaspis. Der gelbe, rote oder braune Avanturin enthält Glimmerschüppchen oder hat feine Risse, die wie goldige Punkte hindurchschimmern. Er wird gegenwärtig auch künstlich nachgeahmt. Das Katzenauge hat seinen Namen von den an das Auge der Katze erinnernden Lichtreflexen, die durch die Einlagerung von zahllosen, parallelen Amianthfasern in Quarz entstehen und durch den mugeligen Schliff gut hervortreten. Der Jaspis endlich ist ein hornsteinartiger Quarz, der durch Metalloxyde, namentlich Eisenoxyd, rot, braun, gelb oder grün gefärbt ist. Er ist zuweilen bänderartig gestreift.

Eine zweite Gruppe von Mineralen, die aus wasserfreier Kieselsäure bestehen, faßt man unter der Spezies Chalcedon zusammen. Der Chalcedon bildet keine Kristalle wie der Quarz, sondern erscheint in dichten, wachsartigen, oft mit Faserung versehenen Massen, die bei freier Entwickelung eine traubige oder nierenförmige Oberfläche annehmen. Glatte Flächen sind glas- bis -fettglänzend; das Innere ist mehr oder weniger trübe. Man unterscheidet nach der Färbung den apfelgrünen Chrysopras, den gelblichroten Karneol, den pomeranzenfarbigen Sarder, das lauch- bis berggrüne Plasma, den grünen, rot punktierten Heliotrop. Eine wichtige Varietät ist der Achat (s. die Tafel bei S. 639, Fig. 22), der meist in kugelförmigen Stücken, den „Achatmandeln", vorkommt, die sich als nachträgliche Ausfüllung rundlicher, blasenförmiger Hohlräume von vulkanischen Gesteinen gebildet haben. Meist sind sie regelmäßig und schichtenweise aufgebaut, und beim Anschleifen bemerkt man leicht den schmalen, von außen nach innen führenden Kanal, der zur Zufuhr der Kieselsäurelösung gedient hat. Mitunter ist der innerste Raum mit Calcit, Quarz oder Amethystkristallen dicht angefüllt, oder er enthält Wasser, wie bei den „Enhydros" von Uruguay. Man unterscheidet beim Achat, den man zu allerhand kleinen Geräten, Reibschalen und Schmucksachen benutzt, mehrere untergeordnete Varietäten, als Band-, Festungs-, Trümmer-, Wolken-, Punktachat und dergleichen, je nach der Art der Punktierung, Zeichnung und Streifung. Als Moosachat oder Mokkastein bezeichnet man solche Steine, die durch eingelagerte Chloritkörnchen im Inneren moosartig gezeichnet sind.

Häufig haben die Achate schon von Natur aus eine lebhafte Färbung; wenn diese aber nicht ausreicht, so kann man auf künstlichem Wege nachhelfen. Die Kieselsäure der Achatmandeln ist ziemlich porös und kann daher von Farblösungen allmählich durchdrungen werden. Dies Verfahren der künstlichen Färbung der Achate war schon den alten Römern bekannt, die

Digitized by Google

namentlich die schwarz, braun und weiß gebänderten, Onyx genannten Achate liebten. Die alten Künstler entwickelten in der Verarbeitung dieser Onyxe zu Gemmen und Kameen eine bewunderungswürdige Geschicklichkeit; namentlich verstanden sie es vortrefflich, die Verschiedenfarbigkeit auszunutzen, indem sie die helle Schicht zur Darstellung der eigentlichen Figur, die mittlere bräunliche für die Gewandung, die schwarze, unterste Lage als Hintergrund verwendeten.

Gegenwärtig wird die Achatindustrie am schwunghaftesten in den Städtchen Oberstein und Idar im Fürstentum Birkenfeld betrieben. Veranlassung dazu boten die hier recht häufig vorkommenden, in Melaphyr eingeschlossenen Achatmandeln; indes werden sie schon seit längerer Zeit nicht mehr gewonnen, seit es sich als lohnender erwiesen hat, die schönen Achate zu verarbeiten, die in großer Menge aus Brasilien und Uruguay eingeführt werden.

Die dritte Gruppe von Kieselsäuremineralen bilden die Varietäten des Opals. Der Opal ist ein amorpher Körper, dessen freie Oberfläche eine traubige oder knollige Form hat. Er besteht aus wasserhaltiger Kieselsäure und hat die Härte von 5,5—6,5, das spezifische Gewicht von 1,9—2,3. Durch allmähliches Eintrocknen von Kieselsäuregallerte kann man ihn künstlich darstellen. Neben dem bereits bei den Edelsteinen zweiten Ranges besprochenen Edelopal dient als Schmuckstein hauptsächlich der Feueropal, dessen schöne, hyacinthrote Farbe und irisierendes Farbenspiel ihn mit dem Edelopal wetteifern läßt. Villa Secca bei Zimapan in Mexiko und Telkibanya in Ungarn bilden die Hauptfundorte von Feueropal. Vom gemeinen Opal bedient man sich zu Schmuckgegenständen nur der reinsten und farbenschönsten Stücke. Man unterscheidet den weißen Milchopal, den gelben Wachsopal und den apfelgrünen Prasopal. Auch der undurchsichtig braune Jaspopal oder Opaljaspis wird zuweilen berücksichtigt.

Weitere Halbedelsteine stammen aus der weitverbreiteten Familie des Feldspates. Die Mineralogen zerlegen die Feldspate nach der chemischen Zusammensetzung und der Kristallgestalt in mehrere Spezies, von denen hier nur drei, der Adular, Mikroklin und Labradorit, zu erwähnen sind. Der Adular oder Kalifeldspat weist in manchen durchsichtigen Exemplaren muschelig geschliffen im Inneren einen wogenden bläulichen oder rötlichen Lichtschein auf, der zur Bezeichnung Mond- oder Sonnenstein Anlaß gegeben hat. Auch der Labradorit oder Kalk-Natron-Feldspat erhält durch eine optische Erscheinung seinen Wert als Schmuckstein: er zeigt ein prächtiges Farbenspiel, das dem Farbenwandel im Auge der Pfauenfedern ähnlich ist. Seine Entdeckung erfolgte im Jahre 1775 auf Saint Paul an der Küste von Labrador; seitdem ist er auch in Ingermanland, Finnland, bei Kiew ꝛc. gefunden worden. Vom Mikroklin benutzt man die spangrüne, Amazonenstein genannte Abart.

Der Lasurstein zeichnet sich durch schöne, tiefblaue Färbung aus. Da er aber selbst geschliffen und poliert nur wenig Glanz annimmt, so verarbeitet man ihn zu Mosaikarbeiten und kleineren Schmuckgegenständen. Seine chemischen Bestandteile sind im wesentlichen kieselsaure Thonerde verbunden mit schwefelsaurem Kalk und Natron. Am häufigsten erscheint er in Form dichter Massen, die von winzigen gelben Schwefelkristallen durchsetzt sind.

Der Bernstein ist ebenso bemerkenswert durch sein eigentümliches geologisches Vorkommen und seine physikalischen Eigenschaften wie durch die Rolle, die er in der Geschichte der alten Kulturvölker gespielt hat. Er besteht aus Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff im Verhältnis von 40 : 64 : 4, hat den Härtegrad 2—2,5 und das spezifische Gewicht 1,08. Durch Reiben erhält er Elektrizität und entwickelt dabei einen angenehmen Geruch. Bei höherer Temperatur verbrennt er unter heller, schwach rußender Flamme: davon ist sein Name abzuleiten (börnen = brennen).

Das hauptsächlichste Herkunftsgebiet des Bernsteins sind die Küstenstriche der Nord- und Ostsee. Von dorther brachten phönikische Händler den Bernstein in den frühesten Zeiten auf verschiedenerlei Wegen zu den Griechen und Römern, die ihn wegen seines gefälligen Aussehens und

Digitized by Google

wegen seiner merkwürdigen Eigenschaften hoch bewerteten und ihn mit einem förmlichen Kranze von Märchen und poetischen Verklärungen umgaben. Die Naturforscher der späteren römischen und griechischen Zeit hatten trotzdem die wahre Natur des Bernsteins wohl erkannt, obwohl sie sonst über Edelsteine die sonderbarsten mystischen Anschauungen nicht aufgegeben hatten. So erklärte ihn Aristoteles, Plinius und mancher andere für natürliches, erhärtetes Baumharz, und damit war jene Deutung gegeben, die auch die vorgeschrittene Naturwissenschaft von heute vertritt.

Man weiß gegenwärtig, daß die Konifere Peuce succinifera *Göpp.* und andere Bäume das Harz geliefert haben, durch dessen Fossilisation der Bernstein im Samlande zur Oligocänzeit entstanden ist (vgl. oben, S. 364). Hier tritt an der steilen Nord- und Westküste das braunkohlenführende Mitteloligocän in einer Mächtigkeit von ungefähr 27 m zu Tage, und darunter liegt eine vorwiegend sandige Bildung, die eine 1,26—6,28 m mächtige bläulich gefärbte, sandig-thonige Schicht, die „Blaue Erde", enthält. Diese bildet die ursprüngliche Lagerstätte des Bernsteins, den sie in reichlicher Menge mit Haifischzähnen, Meereskonchylien, Holzstücken und anderen organischen Resten gemengt einschließt. Wie sich aus diesen Einschlüssen ergibt, ist die Blaue Erde eine Meeresbildung, in die der Bernstein samt den Holzresten eingeschwemmt wurde. Die eigentliche Bildung des Bernsteins und das Bestehen der Bernsteinwälder muß demnach in eine Epoche des Alttertiärs verlegt werden, die der Bildung der Blauen Erde vorausgeht. Nach v. Dechen dehnt sich im Samland die Blaue Erde mindestens unter einer Oberfläche von 340 qkm aus; die darin enthaltenen Bernsteinvorräte können daher nach unserem Maßstab für geradezu unerschöpflich gelten. Die Blaue Erde gelangt knapp oberhalb des Meeresspiegels oder darunter zum Ausstreichen; an Stellen, wo der zweite Fall eintritt, lösen die den Boden aufwühlenden Fluten den Bernstein aus seiner Lagerstätte. Der Bernstein wird nun vermöge seines geringen Eigengewichts (1,065—1,081) von den Wogen getragen, in flottierende Tangmassen eingehüllt und weit nach Westen hin verschleppt, wo er schließlich am Strand ausgeworfen wird. So wie sich dieser Vorgang in der Gegenwart abspielt, so ging er auch vielfach in den früheren Perioden vor sich. Wir finden daher den Bernstein sowohl in der mitteloligocänen Braunkohlenbildung als auch im Diluvium und Alluvium der benachbarten Küstengegenden auf zweiter, dritter, vierter, fünfter und selbst sechster Lagerstätte. Die Gewinnung des Bernsteins erfolgt im einfachsten Falle durch Auffammeln am Strande während der Ebbe oder durch Fischen und Schöpfen in Netzen bei hereinbrechender Flut. Bei klarer See wendet man das „Bernsteinstechen" an, indem man auf Booten ausfährt, den Bernstein am Boden erspäht und hervorzieht. Ferner bedient man sich der Taucherarbeit, während das „Bernsteinreiten" nur noch selten zur Ausführung kommt. Dampfbaggerei im großen Maßstab wird nur bei Schwarzenort im Kurischen Haff, aber mit Erfolg, betrieben. Überdies gewinnt man den Bernstein am Ausstreichen der Blauen Erde an der samländischen Küste durch Grabung und endlich noch durch bergmännische Arbeiten. Die Menge des alljährlich in Preußen gewonnenen Bernsteins beträgt ungefähr 100,000 kg im Werte von 3 Millionen Reichsmark.

In Europa ist der Bernstein gegenwärtig als Schmuckstein nicht besonders hochgeschätzt; er ist unmodern geworden, während er im klassischen Altertum sehr beliebt war. Dagegen findet er einen lebhaften Absatz in der Türkei, Ägypten, Persien, Japan, China und den Südseeinseln. Außer den Küstenstrichen der Ost- und Nordsee haben auch anderswo Kreide- und Tertiärschichten Bernstein geliefert; doch nur in unbeträchtlichen Mengen. Praktische Verwendung findet wohl nur der sizilische Bernstein, der im Miocän vorkommt und von den Flüssen, namentlich dem Salso und der Giaretta, ferner am Ufer des Meeres bei Catania ausgewaschen wird. Er zeichnet sich durch seine prächtige rote, blaue, grüne Färbung und schöne bläuliche Fluoreszenz aus, ist jedoch zu selten, um als Handelsartikel ins Gewicht zu fallen. Schwarzen Bernstein findet man im

Digitized by Google

rumänischen Tertiär. Außer zu Schmucksachen und kleineren Geräten dient der Bernstein noch zur Bereitung der Bernsteinsäure, des Bernsteinlackes und zur Darstellung von Räucherware.

Außer dem Bernstein stammt noch ein zweiter Schmuckstein ursprünglich aus dem Pflanzenreich: der Gagat oder Jet. Man bedient sich dieser mattglänzenden, polierfähigen Kohlensorte zur Herstellung von Trauerschmuck. Die Beliebtheit, die der Gagat in kurzer Zeit gewonnen hat, hat es veranlaßt, daß man auch zur Kannelkohle (vgl. oben, S. 565) gegriffen und Nachahmungen aus Glas und Hartgummi hergestellt hat, die zwar viel billiger sind als echter Gagat, aber seine Schönheit kaum erreichen.

Die Bildhauerei- und Ornamentsteine.

Das edelste Material der Bildhauerei ist der Marmor. Unter der Bezeichnung Marmor begreift der Mineralog jeden Kalkstein, der aus kristallinischen Kalkspatkörnern besteht; sind dagegen mit freiem Auge einzelne Kalkspatindividuen nicht erkennbar, so spricht er von dichtem Kalkstein. Diese Unterscheidung ist jedoch sehr grob; denn untersucht man einen „dichten" Kalkstein im Dünnschliff unter dem Mikroskop, so erweist es sich, daß auch der dichte Kalkstein aus Calcitkörnchen besteht. Überdies finden von den mikrokristallinischen, dichten Kalken zu den großkristallinischen Kalken alle Übergänge statt. Geht man vom technischen Gesichtspunkt aus, so ist zunächst die Polierfähigkeit entscheidend. Diese hängt vom kristallinischen Gefüge ab, und da dieses auch bei den dichten Kalken vorhanden ist, so nehmen auch diese, wofern sie nicht zu viel thonige Bestandteile enthalten, Politur an und dürfen also als Marmor angesprochen werden. Häufig erweitert man übrigens in der Praxis den Begriff Marmor in unbegründeter Weise, indem man ihn auch auf Serpentinbreccien oder organogene Gesteine ausdehnt, wenn sie nur eine ähnliche Verwendung wie der Marmor gestatten und poliert ein gefälliges Aussehen besitzen.

Wie schon bemerkt wurde, ist der großkörnige Kalk durch Metamorphose aus dichtem Kalk hervorgegangen. Häufig erscheint er im kristallinischen Schiefergebirge eingelagert; er wird von Gneis und Glimmerschiefer umgeben und geht in diese unter Bildung von Cipolin und Kalkglimmerschiefer über. Da, wo dichte Kalke von Eruptivgesteinen durchbrochen werden, erfahren sie ebenfalls häufig eine Umwandlung in Marmor. Dieselbe Wirkung kann da zu Tage treten, wo infolge der Gebirgsbildung mächtige Druckwirkungen frei wurden, wie an der Grenze von Gneis und Kalk im Berner Oberland. Nirgends treten uns die metamorphischen Erscheinungen in großartigeren Zügen entgegen als in der altklassischen Heimat des Marmors, in Griechenland und Italien. In Griechenland erscheinen die Marmore namentlich im Osten des Landes und auf den Kykladischen Inseln. Mächtige, oft wohlgeschichtete Einlagerungen im kristallinischen Schiefer bildend oder auf diesen aufruhend, werden sie von vielen Geologen als metamorphosierte Kalke der Kreideformation angesprochen. Die erste Stelle räumte man im Altertum dem Marmor der Insel Paros ein; man schätzte ihn als Statuenmarmor namentlich wegen seines gleichmäßig feinen Kornes und seines warmen, gelblichen Tones. Heute bricht man auf Paros einen ziemlich großkörnigen Marmor, der einen kalt anmutenden Stich ins Bläuliche besitzt und daher als Bildhauermarmor nicht zu empfehlen ist. Nächst dem parischen war im Altertum namentlich der pentelische Marmor mit seinem goldschimmernden Tone berühmt. Er lieferte das Material zu den Propyläen, den Bauwerken der Akropolis, dem Theseion, dem Tempel des Zeus Olympios. Neben dem parischen und pentelischen verwendeten die Griechen auch den Marmor des Hymettos, des Lauriongebirges und der Inseln Skiathos, Andros, Naxos und Tenos. Von Euböa stammt der karystische Marmor, ein von grünlichen Adern durchzogener Stein, der besonders bei den Römern viel Anklang gefunden hat.

Digitized by Google

In Italien kam der jetzt so berühmte Marmor von Carrara in den Apuanischen Alpen erst zur römischen Kaiserzeit in Aufnahme. Aus diesem herrlichen Material gefertigt ist zum Beispiel der Apollo vom Belvedere und auch der größte Teil der plastischen Meisterwerke, die seit dem Wiederaufleben der Skulptur geschaffen wurden, wie die Werke Thorwaldsens. Der pittoreske und geologisch komplizierte Gebirgszug der Apuanischen Alpen bildet einen Teil der Catena metallifera, die sich aus der Gegend von Spezzia am toscanischen Strand in südsüdöstlicher Richtung gegen das römische Gebiet hinzieht. Innerhalb der Apuanischen Alpen treten die marmorführenden Schichten, denen man triadisches Alter zuschreibt, in einer Länge von

Die Marmorbrüche von Carrara. Vgl. Text, S. 652.

9—10, einer Breite von 3—4 km auf und bestehen aus drei Gruppen. Die oberste ist eine Wechsellagerung von Cipolin, glimmerreichem Sandstein, die kleine Marmorlinsen und Kalke mit Krinoiden und kleinen Ammoniten birgt; dann folgt der eigentliche Marmor und kristallinischer Dolomit, ungefähr 1000 m mächtig, und endlich kommen graue, kompakte oder breccienförmige, zuweilen Fossile führende Kalke (grezzoni).

Unter den karrarischen Marmoren unterscheidet man im allgemeinen zwei Gruppen: die hellen Sorten bilden den Chiaro, die dunkeln den Bardiglio. Unter den hellen ist die kostbarste Sorte der Statuario, der eigentliche Statuenmarmor, der durch sein zuckerkörniges, gleichmäßiges Gefüge, blendende Weiße, unvergleichliche Polierfähigkeit, lebhaften, wachsartigen Glanz und mäßige Härte das Ideal der Statuenmarmore bildet. Der echte Statuario ist auch in Carrara ein kostbares Material, da er in höchster Reinheit nur in einzelnen Linsen vorkommt, die von weniger reinem, fleckigem, Pyrit und Quarzkristalle enthaltendem Marmor umgeben werden; daher beteiligt er sich nur mit etwa 5 Prozent an der Gesamtproduktion von Carrara.

Digitized by Google

Die Hauptmasse des gewöhnlichen Bildhauermaterials liefert der Bianco chiaro, der ein gröberes Korn besitzt und nicht so schön weiß ist wie der Statuario, aber den Einflüssen der Witterung besser Widerstand leistet. Die grau gestreiften und geaderten Sorten, die meist nur zu Tafeln, Säulen, Platten, Kaminen und dergleichen verwendet werden, gehen über in die dunkeln Sorten des Bardiglio. Großer Beliebtheit erfreuen sich der bunten Farben wegen die Marmorbreccien, so der pfirsichfarbene bis violette Mischio di Serravezza, der weiße, mit gelben, braunen und schwarzen Adern durchflammte Pavonazzo ꝛc.

Der Hauptsitz der apuanischen Marmorindustrie ist Carrara; seit 1836 ist auch Massa di Carrara und etwas später Serravezza hinzugetreten. Manche Steinbrüche datieren noch aus der Römerzeit. Infolge des vieljährigen Betriebes sammeln sich in den Steinbrüchen riesige Schutthalden an, die oft zum Verlassen eines Bruches zwingen, auch wenn sein Marmorreichtum noch nicht erschöpft ist (s. Abbildung, S. 651). Mehr als 2000 Jahre dauert schon die Marmorgewinnung bei Carrara, und doch sind die natürlichen Vorräte von diesem herrlichen Material noch weit entfernt davon, merklich verringert zu sein. An den alten Produktionsstellen ist nur die Oberfläche angeritzt, und die unzugänglicheren Partien tiefer im Gebirge sind vielfach noch ganz unberührt. Seit längerer Zeit ist die Gewinnung im steten Wachsen begriffen, und der Wert der jährlichen Ausfuhr betrug in den letzten Jahren etwa 13 Millionen Mark.

Vollkristallinische Marmore von geringerem Werte bieten sich fast allenthalben dar, wo das kristallinische Schiefergebirge eine größere Ausdehnung besitzt. Sie werden zumeist für ornamentale Zwecke verwendet; nur der Tiroler Marmor von Laas und Schlanders im Vintschgau ist in neuerer Zeit auch zu statuarischen Arbeiten in Aufnahme gekommen. Die dichten Marmore haben meist eine geringere Härte und Politurfähigkeit und namentlich geringere Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Atmosphärile als die großkristallinischen. Die bunten Farben und die Mannigfaltigkeit der Zeichnung, deren Reiz durch eingeschlossene Versteinerungen häufig noch erhöht wird, bedingen die Beliebtheit der dichten Marmore, deren einzelne Vorkommnisse so zahlreich sind, daß es unmöglich ist, hier auf Einzelheiten einzugehen. Ihrem geologischen Alter nach gehören sie meist den paläozoischen und mesozoischen, seltener den känozoischen Formationen an.

Dasselbe Land, das den schönsten Stein für die erhabene Skulptur bietet, schenkt auch der Bildhauerei des kleinen Stils den passendsten Rohstoff, den weichen, feinkörnigen Alabaster (Gips). Obwohl auch von vielen anderen Punkten bekannt, findet sich doch der Alabaster nirgends so rein und schön wie im oberen Miocän des Marmolajothals bei Volterra in Toscana. Nächst dem toscanischen ist besonders der sizilische Alabaster und der Gips von Montmartre bei Paris beliebt.

Als ornamentales Material darf der vorherrschend grün gefärbte, rötlich, braun oder schwarz geäderte oder geflammte Serpentin nicht übergangen werden. Schon im Altertum war er berühmt, und in der Gegenwart formt man ihn zu Vasen, Schalen, Säulen, selbst Statuen und einer Unzahl kleiner dekorativer Gegenstände. Die bekanntesten Sorten sind die italienischen: der Verde di Susa, Verde di Prato (grün mit weißen und roten Adern), Serpentino ner'antico, Nero di Prato (schwarzgrün mit roten Adern). Lebhaft wird die Serpentinindustrie in Zöblitz in Sachsen und in Epinal in Frankreich betrieben, und auch in anderen Gegenden findet eine mehr oder minder ausgedehnte Serpentingewinnung statt. Geologisch erscheint der Serpentin, ein wasserhaltiges Magnesiumsilikat, teils als Einlagerung im kristallinischen Schiefergebirge, teils durchbricht er in Stock- und Gangform verschiedene Formationen; er dürfte zumeist nicht als ursprüngliches Gebilde, sondern als Umwandlungsprodukt nach Olivingesteinen zu betrachten sein.

Mit dem Serpentin ist ein anderes zu Schnitzarbeiten verwendetes Mineral, der Meerschaum, chemisch nahe verwandt. Auch der Meerschaum ist ein wasserhaltiges Magnesiumsilikat, seine physikalischen Eigenschaften weichen aber von denen des Serpentins weit ab. Er bildet eine

Digitized by Google

grau gefärbte, knollige, derbe, erdige Masse, die sich fettig anfühlt und an der Zunge haftet. Man verarbeitet ihn zu Pfeifenköpfen, Zigarrenspitzen und dergleichen. Im Altertum scheint man daraus die kostbaren „samischen Gefäße" geformt zu haben. Die bekanntesten Fundorte von Meerschaum sind Hrubschitz in Mähren und die Ebene von Eski-Sher in Kleinasien. Dort ist er an Serpentin gebunden, hier findet er sich angeblich lose in jungen sedimentären Bildungen. Andere Magnesiasilikate werden in geringem Maße zu kleinen Bild- und Schnitzwerken verarbeitet, z. B. der Steatit; der Agalmatolith ist in einer blaßgrünen Varietät namentlich in China beliebt. Wie der Agalmatolith ist auch der Nephrit und der ihm nahe verwandte Jadeit ein vorwiegend orientalischer Schmuck- und Bildstein. Der Nephrit ist ein lauchgrünes, splitteriges, derbes und ungemein zähes Magnesiakalksilikat, das namentlich in Neuseeland, China, Turkistan, Tibet und Sibirien vorkommt. Im Orient benutzt man ihn zu verschiedenen kleinen Bildhauerarbeiten, Degengriffen, Siegelsteinen und dergleichen, und die Neuseeländer verwenden ihn zu Waffen und als Beilstein, ähnlich wie unsere Vorfahren den Feuerstein. Im Altertume trug man den Nephrit namentlich als Amulett. Geschätzt war dieses Mineral in Europa im 18. Jahrhundert als Material für verschiedene Kunstgegenstände, während es jetzt wenig verwendet wird. Ist es daher gegenwärtig in technischer Hinsicht wenig belangreich, so ist das wissenschaftliche Interesse, das sich an dieses Mineral knüpft, um so größer. Man findet nämlich den Nephrit nicht selten auf prähistorischen Kulturstätten Europas, war aber lange nicht im stande, ihn in diesem Weltteil anstehend im Gebirge nachzuweisen. Waren nun die Nephrite der prähistorischen Kulturgebiete aus dem fernen Osten eingeführt oder eingehandelt oder in Europa selbst von seither verschollenen Fundstätten gewonnen worden? In neuerer Zeit ist es gelungen, in Europa anstehenden Nephrit aufzufinden: zu Jordansmühle in Oberschlesien. Nunmehr liegt die Möglichkeit vor, daß auch in anderen Gegenden ähnliche Funde glücken werden, die die Annahme einer prähistorischen Einfuhr dieses merkwürdigen Minerals aus dem fernen Osten überflüssig machen werden.

Zu Mosaikarbeiten eignen sich neben manchen Halbedelsteinen in trefflicher Weise der grüne Malachit und die dichten oolithischen oder gestreiften kalkigen Absätze von Mineralquellen, die man als Erbsen- und Sprudelsteine zu bezeichnen pflegt. Der Malachit bildet ein prächtig grün gefärbtes, strahlig-schalig zusammengesetztes Mineral, das aus wasserhaltigem Kupferkarbonat besteht und auf vielen Kupfererzlagerstätten vorkommt. Nirgends findet er sich in so großen und reinen Stücken vor wie im Ural, dessen reiche Kupferlagerstätten prachtvolles Material nicht nur für Mosaikarbeiten, sondern auch für Vasen, Schalen, Tischplatten und dergleichen liefern. Unter den Erbsensteinen ist wohl am bekanntesten der von Karlsbad, unter den faserig-schaligen, kalkigen Quellbildungen der „Onyxmarmor", fälschlich „ägyptischer Alabaster" genannt. Dieses prächtige, hellgelbliche Gestein war im Altertum sehr beliebt; in neuerer Zeit wurden die alten Brüche von Beni Suef und Siut in Ägypten wieder aufgefunden und in Betrieb gesetzt. Ähnliche Onyxmarmore kommen auch von Oran und Mexiko.

Ebenso zahlreich wie die Stoffe der Bildhauerei und Ornamentik sind die Gesteine, die für die Monumentalarchitektur verwendet werden. Das vornehmste und wichtigste bildet der Granit. An Festigkeit, Tragfähigkeit, Wetterbeständigkeit und Polierfähigkeit steht er unübertroffen da, und in Bezug auf die Schönheit der Farben und der Zeichnung kann er sich mit vielen anderen Gesteinen messen. Zu Sockeln, Säulen, Obelisken, Portalen, Gedenktafeln und dergleichen verwendet man daher mit Vorliebe dieses Gestein wie auch den naheverwandten Syenit und Diorit. Durch lebhaft rote bis kastanienbraune Färbung zeichnen sich die Porphyre und Porphyrite aus, die namentlich im Altertum geschätzt waren. Man verarbeitete den Porphyr, namentlich den Porfido rosso antico, der am Dschebel Dokhan in Ägypten gebrochen wurde, nicht nur zu Säulen und Sockeln, sondern auch zu großen Schalen von einigen Metern im

Digitized by Google

Durchmesser, die noch heute unsere Bewunderung erregen. Auch gewisse Varietäten des jungeruptiven Trachyts können an Stelle des Granits und Porphyrs mit Erfolg verwendet werden.

Die Bausteine und Baustoffe.

War schon die Menge der zur Bildhauerei und Monumentalarchitektur geeigneten Gesteine groß, so ist die Reihe der Bausteine fast unbegrenzt. Denn jede Gebirgsart, die nur genügende Härte und Wetterfestigkeit besitzt und Stücke von erforderlicher Größe liefert, kann im allgemeinen als Baustein benutzt werden. Man wird also sowohl die sedimentären Gesteine als die kristallinischen Schiefer und die Massengesteine in die Kathegorie der Bausteine einzureihen haben. Unter gewissen Verhältnissen können sogar solche Stoffe als Bausteine dienen, die man gewöhnlich nicht als solche betrachtet. So baut man in den regenlosen Gegenden der Sahara Häuser aus Soda und Gips, in der regenarmen Salzkette Ostindiens aus Steinsalz (s. Abbildung, S. 549). Hat man die Herstellung von Quadern und Werksteinen im Auge, so nimmt man auch auf die Formbarkeit Rücksicht. Und handelt es sich um architektonische Bauwerke, so fällt auch die Schönheit des Materials in die Wagschale. Je nach dem Bauzweck wird man daher der Festigkeit, Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Formbarkeit oder Schönheit in verschiedenem Grade Rechnung tragen

Nächst den Bausteinen kommen als Baustoffe die Mörtel oder Zemente in Betracht. Gegenwärtig unterscheiden wir je nach dem Elemente, worin der Mörtel erhärten und seine Bindefähigkeit erweisen soll, Luft-, Wasser- und feuerfeste Mörtel. Als Grundlage für die Mörtelbereitung dient vorwiegend der kohlensaure Kalk, dann auch Dolomit, Magnesit und Gips. Enthält ein Kalkgestein auch Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd in gewissen Mengen, so eignet es sich zur Darstellung von hydraulischem oder Wassermörtel, Roman- oder Portland-Zement. Ist das notwendige Mischungsverhältnis von Kalk, Thonerde und Silikat nicht schon von Natur aus in einem Gesteine gegeben, so kann es durch Mengung mehrerer Gesteine künstlich erzielt werden. Als mechanischen Zusatz zur Mörtelbereitung verwendet man verschiedene kieselige und thonerdehaltige Gesteine, namentlich vulkanischen Tuff und Sand. Zementmergel, die schon von Natur aus die richtige chemische Zusammensetzung haben, um gute hydraulische Mörtel abzugeben, sind ziemlich selten; die übrigen zur Mörtelbereitung notwendigen Rohmaterialien dagegen sind allgemein verbreitet. Als Feuermörtel endlich bedient man sich gewisser Sorten von feuerfestem Thon.

Unter den Kunststeinen, die im Bauwesen eine hervorragende Rolle spielen, sind zunächst die Back- oder Ziegelsteine zu nennen. Den Rohstoff hierzu bildet der gemeine Töpferthon des Diluviums und der Tertiärformation. Thone älterer Formationen kommen hierzu nur ausnahmsweise in Betracht. Eine zweite Gruppe von Kunststeinen hat die bindenden Eigenschaften des Asphalt-, Zement- und Gipsmörtels zur Grundlage. Asphalt dient, gemengt mit Sand- und Kalkmehl, als wasserdichter Überzug von Wänden und Dächern; gemengt mit Steinchen und Sand bildet er ein treffliches Pflastermaterial. Durch Mengung von Steinbrocken mit hydraulischem Zement erhält man Beton, eine Masse, die zur Herstellung von Kunststeinen durch Guß befähigt ist. Auf diese Weise erzeugt man Steine von bedeutender Größe und beliebiger Form.

Die Fähigkeit des Gipsmörtels, Politur anzunehmen, hat zur Stucco-Industrie und zur Erzeugung von Marmorsurrogaten geführt. Der künstliche oder Stuck-Marmor besteht im wesentlichen aus 80 Teilen Alabaster- und 20 Teilen Kalkmörtel nebst einem Zusatz von Leim und Farbstoff. Dieser Masse teilt man je nach Bedarf und Wunsch kleine Marmorsteinchen mit und erhält so ein festes, polierfähiges Gebilde, das, gut ausgeführt, an Schönheit manchem echten Marmor nicht nachsteht.

Digitized by Google

Zur Dachbedeckung taugen solche Gesteine, die mit Dünnplattigkeit hochgradige Festigkeit verbinden. Es sind dies die Dachschiefer, die namentlich den paläozoischen und archäischen Formationen angehören. Aus dem archäischen Gebirge stammen die sächsischen Dachschiefer, aus dem Silur die des Erzgebirges, des Fichtelgebirges, des Thüringer Waldes, der Ardennen, der Bretagne, aus der Devonformation die rheinischen und Harzer Dachschiefer, aus der Kulmstufe die mährisch-schlesischen. Die altberühmten englischen Dachschiefer bilden ein Glied der kambrischen Formation. Schiefer jüngerer Formationen haben nur ausnahmsweise die nötige Härte, wie die eocänen Glarner Schiefer der Schweizer Alpen.

Beim Straßenbau gebraucht man Gesteine teils als Beschüttungs- oder Schottermaterial, teils als Pflastermaterial. Bei jenem kommt es auf Härte und Unzersetzbarkeit durch Atmosphärile, verbunden mit leichter Zerklüftung oder Zersplitterung, an. Diese Eigenschaften finden sich vornehmlich bei kristallinischen Massen, aber auch bei manchen Sedimentärgesteinen vor, namentlich Kieselschiefer, Quarzit und Hornsteinfels. Beschüttungsmaterial von geringerer Güte liefern die Kalk- und Sandsteine, Schiefer und Schotter. Als Pflastersteine gebraucht man mit Vorteil harte, aber nicht splitterige, sondern womöglich kubisch brechende, rauhe Gebirgsarten, während zu Trottoirplatten die mehr plattenförmig abgesonderten, kristallinischen Schiefer oder harte, dünnbankig geschichtete Sedimentärgesteine, wie manche Sandsteine und schieferige Kalkgesteine geeignet erscheinen. Säulenförmig abgesonderte Gesteine (viele Basalte) geben natürliche Abweise-, Prell- und Geländersteine.

Die Mahl- und Schleifsteine, Poliermittel und lithographischen Steine.

Nur außerordentlich feste und harte Gesteine, die in großen Blöcken brechen, lassen ihre Verwendung zum Zerkleinern von Getreide, Ölfrüchten und Gips zu. Obwohl diese Vereinigung von Eigenschaften bei manchen Gesteinen vorkommen kann, sind doch Mühlsteine, die nach jeder Richtung den gestellten Anforderungen entsprechen, nicht allzu häufig und bilden daher einen geschätzten Handelsartikel. Man verwendet dazu teils Gesteine sedimentärer Entstehung, teils kristallinische Gesteine, wie den Granit im Harz, den Porphyr und Porphyrtuff aus Krawinkel in Thüringen, basaltische Lava aus Andernach, Niedermendig und Mayen (rheinische Mühlsteine), Lava vom Ätna, der Auvergne, Trachyte und Rhyolithe aus Hlinik bei Schemnitz in Ungarn. Hervorzuheben sind manche poröse Süßwasserquarze der Tertiärformation („Burrsteine"), darunter die berühmten Mühlsteine von La Ferté sous Jouarre im Pariser Becken; vorzügliche Mahlsteine liefern auch viele Breccien und Puddingsteine, wie die diluviale und tertiäre Nagelfluh der Nordalpen, und häufig kommen auch Quarzite und Sandsteine, namentlich der paläozoischen Formation, in Verwendung. Harte und zugleich feinkörnige oder dichte Gesteine bieten das passende Material für Schleifsteine; am häufigsten feinkörnige Sandsteine, die in allen Formationen vorkommen können. Harte, dichte Gesteine von gleichförmig feinem Gefüge, wie gewisse Schiefer der paläozoischen und archäischen Formationen, oder die schieferigen Kieselkalke der Juraformation ergeben gute Wetzsteine.

Als Poliermittel dienen Gesteine von großer, den Härtegrad 7 (Quarzhärte) erreichender oder noch übertreffender Härte, die feinsandig oder staubförmig zerkleinert werden können, wie Quarzsand, Granat und fein Gemenge mit Magnetit und namentlich der rohe Korund oder Schmirgel (Al_2O_3, Härtegrad 9). Der größte Teil des Schmirgels kommt von der griechischen Insel Naxos. Im körnigen Kalk oder Marmor erscheinen hier die Schmirgelpartien nesterweise eingeschlossen und bestehen nicht aus reinem Korund, sondern einem von Glimmer durchwachsenen, innigen Gemenge von Korund und Magnetit. Außer Naxos sind auch einige andere griechische

Digitized by Google

Inseln und Kleinasien durch Schmirgelvorkommnisse ausgezeichnet. Am Ochsenkopf bei Schwarzenberg im sächsischen Erzgebirge kommt Schmirgel auf einem Lager im Thon- und Glimmerschiefer, bei Eibenstock im Hornblendeschiefer vor. Zum Polieren und Schleifen des Diamants und anderer Edelsteine dient das Diamantpulver oder Bort. Vielfach wird der Bimsstein von Lipari als Poliermittel benutzt. Die beiden Berge Pilato und Chirica am Nordende der Insel bestehen ganz aus diesem eigentümlichen, schaumig erstarrten, vulkanischen Glase, von dem aber nur die reinen, von ausgeschiedenen Kristallen ganz freien Stücke zum Glätten tauglich sind. Den Übergang von den härteren Polierstoffen zu den feineren Glättungsmitteln bildet die Diatomeenerde, Kieselgur oder Tripel: ein schneeweißes Pulver, das aus lauter feinen, mikroskopischen Schälchen von Kieselalgen besteht und an manchen Orten mächtige Ablagerungen im Tertiär und im Diluvium zusammensetzt. Man kennt derartige Bildungen in der Lüneburger Heide, in Berlin, in Eger, Franzensbad und Bilin in Böhmen, bei Kassel, in Santafiore in Italien, Richmond in Virginia, Degernfors in Schweden ꝛc. Zu den weicheren Glättungsmitteln gehören die Kreide, der Talk und Speckstein (Taufstein). Die beiden letzten Minerale, ihrer chemischen Natur nach wesentlich wasserhaltige Verbindungen von Bittererde und Kieselsäure, haben eine so hochgradige Mildheit, daß sie auch zur Verminderung der Reibung bei Maschinen benutzt werden.

Die Jurabildungen der Schwäbischen und Fränkischen Alb schließen mit der Schichtgruppe der Plattenkalke ab, deren Reichtum an merkwürdigen Versteinerungen seit langem berühmt ist. Gewisse Lagen der Plattenkalke, die durch ein überaus feines und vollkommen gleichmäßiges Korn ausgezeichnet sind, eignen sich zu lithographischen Steinen, die ungleichmäßigeren Schichten können nur zu Dachplatten und Pflastersteinen benutzt werden oder sind ganz wertlos. Das Verhältnis ist so, daß nur ungefähr zwei Fünftel der Gesamtmasse der Plattenkalke technisch verwendbar sind, und davon wieder nur ein Sechstel zur Lithographie. Die wichtigsten Brüche liegen in der Fränkischen Alb in Solnhofen, Langenaltheim, Mörnsheim und Mühlheim, in Württemberg in Nusplingen und Kolbingen. Lithographische Steine geringerer Qualität kommen in geringerer Menge auch in anderen Lokalitäten vor, wie in Cirin und Villebois (Aindepartement) und bei Verdun (Maasdepartement), bei Solothurn (Schweiz), in Portland (Südengland), bei Puerto Principe (Insel Cuba) und an mehreren Punkten Nordamerikas. Die ökonomisch-technische Bedeutung dieser Vorkommnisse ist jedoch ganz untergeordnet; denn den weitaus überwiegenden Teil des Weltbedarfes an lithographischen Steinen decken die Brüche der Fränkischen Alb.

Gewisse Varietäten des Dachschiefers können auch als Tafelschiefer und zur Herstellung von Griffeln verwendet werden. Trotz ihrer geringen Bedeutung verdient die darauf beruhende Industrie hier erwähnt zu werden.

Die mineralischen Düngmittel.

Die Ackerkrume enthält nicht überall jene mineralischen Bestandteile in genügendem Maße, die für die Vegetation im allgemeinen oder für gewisse Pflanzen notwendig sind. Ferner kann auch ein ursprünglich fruchtbarer Boden erschöpft werden, wenn durch intensive, vieljährige Bewirtschaftung eine fortwährende Entnahme von Nährstoffen erfolgte. Diesem Mangel sucht man durch künstliche Zufuhr der fehlenden Mineralstoffe, durch Mineraldüngung, zu begegnen. Unter den Mineraldüngern findet keiner häufigere Verwendung als der gebrannte Kalk, da er seiner weiten Verbreitung und Billigkeit wegen allgemein zugänglich ist. An Stelle von Kalkstein macht man je nach den örtlichen Verhältnissen wohl auch von Dolomit oder Mergel Gebrauch.

Beschränkter ist schon die Benutzung von wasserhaltigem und wasserfreiem Kalksulfat, Gips und Anhydrit, weil sich das Kalksulfat nur für gewisse Bodenarten und Pflanzen eignet und

Digitized by Google

in geringerer Verbreitung vorkommt als der Kalkstein. Der Gips erscheint in der Natur unter ähnlichen geologischen Verhältnissen wie das Steinsalz: er ist dessen steter Begleiter, kommt aber auch unabhängig von ihm vor. Für Deutschland haben namentlich jene zahlreichen Lager Bedeutung, die sich in verschiedenen Horizonten der weitverbreiteten Trias- und der Dyasformation einstellen. Wie der Gips, können auch das Salz und die Abfälle von Salinen als Dungmittel benutzt werden. Eine wichtigere Rolle als Mineraldünger spielen jedoch die Kalisalze von Staßfurt (vgl. oben, S. 554). Als wirksamer Kalidünger findet ferner der vorwiegend aus Glaukonit bestehende, 6—7 Prozent Kali enthaltende Grünsand der Kreideformation im Unionsstaat New Jersey ziemlich ausgedehnte Verwendung.

Eine fernere Gruppe von mineralischen Dungstoffen bilden die stickstoffhaltigen, wie Natronsalpeter und Ammoniak. Statt des ersten würde sich der Landwirt lieber des Kalisalpeters bedienen, da er dadurch zwei für den Boden höchst wichtige Stoffe gleichzeitig zuführen könnte, nämlich Kalium und Stickstoff, wenn nicht der hohe Preis des Kalisalpeters seiner allgemeineren Anwendung im Wege stünde. Der Natronsalpeter dagegen, der in Peru und Chile mächtige Lager zusammensetzt (vgl. unten, S. 666), ist billig genug, um als Dungmittel dienen zu können. Die zur Mineraldüngung verwendeten Ammoniakverbindungen erhält man zumeist als Nebenprodukt der Gasfabrikation aus Braun- und Steinkohle.

Ein Phosphoritknollen aus Podolien. (Nach Schwackhöfer.)

Die letzte Gruppe von Mineraldungstoffen umfaßt die Kalkphosphate, Phosphorite und Apatite. Sie sind dazu bestimmt, den Entgang an Phosphorsäure zu decken, die namentlich durch die Körnerfrüchte dem Boden entzogen wird. In reiner Mineralform besteht der Apatit aus Kalkphosphat mit Chlor- und Fluorgehalt und kristallisiert in farblosen oder lichtgefärbten, hexagonalen, flächenreichen Säulen oder Tafeln. Gewöhnlich erscheint er aber als Phosphorit in dichten, faserigen oder körnigen Massen und enthält nicht selten Beimengungen anderer Verbindungen, wie von Kalkkarbonat (z. B. im Staffelit von Staffel bei Limburg a. d. Lahn). Der Phosphorit hat oft die Form von gerundeten, kugeligen oder nierenförmigen Knollen (s. obenstehende Abbildung) von Nuß- bis Faustgröße und darüber, mit dichter oder strahliger Textur und grauer Färbung. Derartige Knollen kommen bald regellos im Gesteine zerstreut, bald lagenweise geordnet vor; dann sind sie zuweilen von Bruchstücken von Fisch- und Reptilknochen und Muschelschalen begleitet und dürfen ihrer Entstehung nach bestimmt auf ehemalige organische Substanz zurückgeführt werden. Häufig, doch nicht immer, stellen derartige Knollen nichts anderes als Koprolithen, fossile Reste von Wirbeltierexkrementen, vor.

Phosphorite solcher Art beutet man schon seit längerer Zeit in den mittleren und oberen Kreideetagen Englands aus; man kennt sie aus dem Lias von Nord- und Mitteleuropa, aus dem Fränkischen Jura, aus der mittleren und oberen Kreide Nordfrankreichs, namentlich der Ardennen, aus der Kreide von Böhmen, aus dem Untersilur Kanadas und aus dem Eocän von Südcarolina. In dem Silur von Russisch- und Österreichisch-Podolien haben die Phosphorite nachherige Umlagerungen erfahren; sie wurden ausgewaschen und in jüngere, cretacische und diluviale Bildungen eingeschlossen. Ausgedehnt und reichhaltig sind die Phosphoritlagerstätten von Mittelrußland in den Gouvernements Kursk, Woronesh und Simbirsk. Nach Yermolow nehmen die bisher als apatitführend erkannten Gebiete eine Fläche von 20 Millionen

Digitized by Google

Hektar ein, und ihr Apatitgehalt würde hinreichen, halb Europa mit einem Apatitpflaster zu versehen. Die phosphoritreichen Lagen schalten sich dort in den sandigen Schichten der oberen Kreide ein, bestehen zur Hälfte aus Kalkphosphat mit etwas Kalkkarbonat und Fluorcalcium und werden von organischen Resten begleitet.

Ganz verschieden von diesen Lagerstätten sind die Phosphoritvorkommnisse im Wiesbadenschen und in Westfalen. Das erste ist dadurch bemerkenswert, daß es an Eisen- und Manganerzlager geknüpft ist, die im devonischen Eifelkalk und Schalstein aufsetzen. Der Phosphorit, der an vielen Orten lebhaft abgebaut wird, erscheint hier gemengt mit kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk und Magnesia, birgt auch Spuren von Jod und Brom (Staffelit). Das zweite Vorkommen gehört dem Steinkohlengebirge der Ruhrgegend an, wo Lager eines eisenhaltigen Schieferthones auftreten, der einen Phosphorsäuregehalt von 12—31 Prozent aufweist.

Wieder ein anderes Bild bieten die Phosphoritablagerungen dar, die auf dem jurassischen Kalkplateau von Quercy (Departements Lot, Tarn-et-Garonne, l'Aveyron) zerstreut aufgefunden wurden. Hier ist der Phosphorit bald in schmalen, gangförmigen Spalten, bald in Taschen eingelagert, die bis zu 35 m im Durchmesser stark und unregelmäßig in den jurassischen Kalkstein des Plateaus eingesenkt sind. Die Taschenausfüllungen enthalten überaus zahlreiche, wohlerhaltene Säugetierknochen der älteren Tertiärzeit, die man jedoch wohl nicht als die Urheber des Phosphorgehaltes ansehen darf. Der Experimentalgeolog Daubrée hat es nämlich wahrscheinlich gemacht, daß die Phosphorite von Quercy als Niederschläge in phosphor- und kalkhaltigen Quellen entstanden sind und der Reichtum an Fossilen nur daher rührt, daß viele der damaligen Tiere, die wie die meisten Säuger Mineralquellen gern aufgesucht haben dürften, in den Quellen verunglückten und in ihren Absätzen eingeschlossen wurden.

Den letzten Typus endlich bilden die Phosphoritlagerstätten in Kanada, die bei Logrosan und Truxillo in der spanischen Provinz Estremadura, deren Fortsetzung bei Portalegre in Portugal und Marvao und endlich die zwischen Langesund und Östre-Risör im Süden Norwegens. Der Apatit erscheint hier in Gangform im kristallinischen Schiefer. Im südlichen Norwegen sind die Apatitgänge bis zu 1 m mächtig, haben eine kurze Erstreckung, wiederholen sich aber an vielen Punkten. Als Begleiter des Apatits treten in Norwegen Glimmer, Hornblende, Rutil und Titaneisen, in Spanien Quarz und Eisenverbindungen auf.

Die Phosphoritindustrie ist eine Schöpfung der neueren Zeit. Die ersten Versuche wurden im Jahre 1848 in England gemacht. Bald darauf entwickelte sich auf diesem Gebiete nicht nur in England, sondern auch in Frankreich und Deutschland eine so rege Thätigkeit, daß gegenwärtig die Erzeugung von Kunstdünger-Superphosphat aus Phosphorit einen wichtigen Zweig der chemischen Großindustrie bildet. Da der Bedarf an Phosphorit in fortwährender Steigerung begriffen ist, so sucht man allenthalben nach neuen Lagerstätten dieses wertvollen Minerals, und damit vermehrt sich zusehends die Zahl der ausgebeuteten Vorkommnisse.

Als wirksames Dungmittel gilt der im wesentlichen aus einer Anhäufung von Vogelexkrementen bestehende Guano. Er hat jedoch ein so junges geologisches Alter, daß er kaum als subfossil und daher besser als animalischer denn als mineralischer Dungstoff zu betrachten ist.

Die Erden.

Innerhalb der Gruppe Erden, die geologisch und mineralogisch sehr verschiedene Mineralgebilde umfaßt, sind hauptsächlich drei Kategorien zu unterscheiden: Erden, die im Dienste der Keramik stehen, solche, die zu feuerfesten Gegenständen Verwendung finden, und endlich die Farberden. Eine vierte Abteilung, die der Walkerde, ist von untergeordneter Bedeutung.

Digitized by Google

Überall, wo feldspatreiche Gesteine, wie Granite, Porphyre, Trachyte und Gneise, anstehen, bildet sich durch die Verwitterung des Feldspats eine Reihe von thonigerdigen Substanzen, die im wesentlichen aus wasserhaltiger, kieselsaurer Thonerde bestehen und so nahe miteinander verwandt sind, daß man sie als Kaolinite zu einer Mineralgruppe zusammenfassen muß. In den Gesteinsarten, die durch Verwitterung die Thonsubstanzen hervorbringen, ist der Feldspat stets mit anderen Mineralen verbunden, die zum Teil gar nicht verwittern, wie der Quarz, zum Teil sehr schwer zerfallen und bei ihrer endlichen Zersetzung neben Thonen freie Kieselsäure, Kalkkarbonat, Magnesia- und Eisenverbindungen liefern. Infolgedessen erscheinen die Kaolinite häufig durch einzelne unzersetzte Splitter von Quarz oder Glimmer, selbst Feldspat mechanisch verunreinigt und enthalten außerdem die aus dem Zerfall der nicht feldspatigen Bestandteile frei gewordenen Verbindungen. Nur selten bleiben die thonigen Zersetzungsprodukte auf der Mutterfelsart liegen. Meist werden sie durch fließendes Wasser abgeschwemmt und bald in geringerer Entfernung wieder abgelagert, bald weit von ihrem Ursprungsort in Landseen oder im Meere niedergelegt und zur Bildung sedimentärer Gesteine verwendet. So verwandt auch die Kaolinite untereinander sind, so kann es dennoch bei der ursprünglichen Verschiedenheit ihrer Muttergesteine und Mannigfaltigkeit der Schicksale, denen diese Zersetzungsprodukte durch mehrfache Umlagerungen unterworfen sind, nicht wundernehmen, daß sie im einzelnen eine sehr wechselvolle Zusammensetzung und Beschaffenheit haben. Unter den vielen Kaoliniten nehmen jene Substanzen die größte wirtschaftliche und technische Bedeutung in Anspruch, die im reinen Zustand aus 47 Kieselsäure, 39,2 Thonerde und 13,7 Wasser nach der Formel $Al_2O_3.2SiO_2+2H_2O$ zusammengesetzt sind. Sie bedingen zumeist die Fruchtbarkeit der Ackerkrume. Unter ihnen lassen sich hauptsächlich drei Abarten unterscheiden: die Porzellanerde oder Kaolin, der Pfeifenthon oder die Walkerde und der gemeine oder Töpferthon.

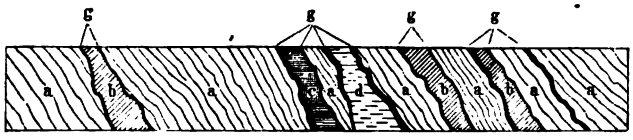
Das Kaolin bildet im reinen Zustand eine weiß gefärbte Erde, die frei ist von kieselsauren Alkalien und Eisenoxyd. Die Bedingungen für seine Bildung werden demnach da gegeben sein, wo bei der Zersetzung der Muttergesteine die genannten Substanzen durch kohlensäure- oder quellsäurehaltiges Wasser ausgelaugt werden und nur die reine kieselsaure Thonerde zurückbleiben kann. Die Porzellanerde erscheint in den Verbreitungsgebieten der kristallinischen Gesteine, der Granite, Trachyte und Porphyre, bald in Lagern, die durch oberflächliche Zusammenschwemmung angehäuft wurden, bald in Gängen und Spalten, bald bildet sie einen wesentlichen Bestandteil feldspatreicher Gesteine, indem sie an die Stelle des zersetzten Feldspates tritt; Kaoline der letzten Art sind natürlich durch Quarz und Glimmerschüppchen stark verunreinigt. In sedimentäre Formationen übergeführt, erscheint die Porzellanerde zuweilen als Bindemittel von Sandsteinen, geht aber in dieser Form in gewöhnlichen Thon über, so an einzelnen Stellen im deutschen Buntsandstein. Im durchfeuchteten Zustande ist die Porzellanerde sehr formbar und frittet im Feuer fest zusammen, ohne zu schmelzen. Mit einer schmelzbaren Substanz, z. B. fein pulverisiertem Feldspat oder Flußspat oder einem Gemenge von Quarz und Gips zusammengebracht, schmilzt sie dagegen zu einer durchscheinenden, harten, glänzenden Masse zusammen, dem Porzellan.

Viel häufiger als für das Kaolin sind die Bildungsbedingungen für den gemeinen Töpferthon gegeben, der infolgedessen ein ungemein verbreitetes, in allen Formationen vorkommendes Gebilde ist. Vom Kaolin unterscheidet er sich, ohne daß scharfe Grenzen möglich wären, durch einen wenigstens 10 Prozent betragenden Gehalt an Eisenoxyd und durch eine wechselnde Beimengung von Kalk und Sand. Die reineren Thone, die selbst der Rotglühhitze widerstehen, ohne zu erweichen, verwendet man zur Fabrikation von Fayence, Majolika, Steingut, Pfeifenköpfen und feuerfesten Gegenständen. Die weitaus größte Menge der gemeinen Thone ist indessen reich an ungleich verteilten Flußmitteln und gehört zu den schmelzbaren Thonen, die man nur zu

Digitized by Google

gewöhnlicher Töpferware und Ziegelsteinen verwenden kann. Die Lagerstätten nicht nur des Töpferthones, sondern auch des Kaolins sind überaus zahlreich.

Für feuerfeste Stoffe verweist uns das Mineralreich hauptsächlich auf drei Quellen: feuerfeste Thone, Graphit und feuerfeste Steine. Die feuerfesten Thone werden zu Öfen für Hütten-, Schmelz- und Glühprozesse, Retorten, Tiegel, Röhren und Häfen benutzt. Man rühmt besonders den Thonen der älteren Formationen, z. B. dem der Kohlenformation, hohe Feuerfestigkeit nach; doch kommen auch in den jüngeren Formationen genügend feuerbeständige Thone vor. Der Graphit ist ein außerordentlich weicher (Härtegrad 0,5—1), in dünnen Blättchen biegsamer, fettig anzufühlender, abfärbender Körper von eisenschwarzer Farbe und metallisch glänzendem Aussehen. In chemischer Beziehung ist er nichts anderes als eine eigentümliche Ausbildungsform des Kohlenstoffes, in geologisch-genetischer Hinsicht dagegen wohl das Endglied des Kohlenbildungsprozesses (vgl. oben, S. 562). Sind die flüchtigen Bestandteile der Kohle (Sauerstoff und Wasserstoff) schon im Anthracit auf einen geringen Prozentsatz herabgedrückt, so sind sie im Graphit völlig geschwunden, da er neben einer verschieden reichlichen Beimengung von Aschenbestandteilen nur aus Kohlenstoff zusammengesetzt ist. Während man Anthracit nur in paläozoischen Formationen kennt, findet man den Graphit nur im archäischen Gebirge, in kristallinischen und halbkristallinischen Schiefern. Die im einzelnen nicht genauer bekannte Metamorphose, wodurch Schiefer und Kalke in kristallinischen Zustand versetzt wurden, hat wohl auch bei dem Verkohlungsprozeß mit gewirkt und dem Kohlenstoff die kristallinische Form des Graphits gegeben. So entstand im Graphit ein Mineralgebilde von ganz anderer physikalischer Beschaffenheit als die übrigen Glieder der Kohlenreihe. Als Brennstoff nicht nur nicht verwendbar, zeichnet sich der Graphit im Gegenteil durch so hohe Feuerbeständigkeit aus, daß er ein vorzügliches Material zur Herstellung von feuerfesten Gegenständen, namentlich Schmelztiegeln, abgibt. Als erdiger, abfärbender Körper eignet er sich vortrefflich als Schreibmaterial, zum Anstrich von eisernen Öfen und Röhren, als Schmiermittel, als Farbstoff für Filzhüte u. s. w.



Graphitlager zu Wolmersdorf in Niederösterreich: a) Quarzschiefer, b) körniger Kalkstein, c) Hornblendeschiefer, d) Glimmerschiefer, g) Graphit. Vgl. Text, S. 661.

Die Entdeckung des Graphits und seine Verwendung als Schreibmaterial verdanken wir England, wo zwischen 1540 und 1560 das berühmte Graphitlager von Barrowdale bei Keswick in Cumberland entdeckt und damit auch die Grundlage für die Bleistiftindustrie gegeben wurde. Hier befanden sich ehemals mächtige Lager vorzüglichen Graphits, die in Phyllit aufsetzen. Der Wert dieses Stoffes war früher so hoch, daß der Eingang zur Grube in eine förmliche Festung verwandelt wurde, um die Grube vor räuberischen Angriffen zu schützen. Obwohl die Grube einstmal jährlich nur sechs Wochen in Betrieb stand, soll der Wert des während dieser Zeit gewonnenen Graphits doch jedesmal 600—800,000 Mark betragen haben. Trotz dieses sparsamen Verfahrens mußte sich das Lager von Barrowdale durch die Jahrhunderte währende Ausbeutung allmählich so sehr erschöpfen, daß es gegenwärtig für die Industrie völlig belanglos geworden ist.

Auf dem europäischen Kontinent sind Graphitlager nicht selten. Am reichsten erweist sich das böhmische Massiv mit seinen randlichen Partien in Mähren (Krain, Böttau, Hafnerluden), Niederösterreich (Brunn am Walde, Geras, Deppach, Marbach), Bayern (Passau), Schlesien, Sachsen und im Fichtelgebirge. In Böhmen selbst sind namentlich die Lager von Schwarzbach und Stuben bei Krumau (Budweiser Kreis) von Bedeutung. Alle diese zuweilen nicht unbeträchtlichen Vorkommnisse haben das gemeinsam, daß sie in kristallinischen Schiefern, Gneisen

Digitized by Google

und Glimmerschiefern als regelmäßige Lager in verschiedenen, bis zu 14 m steigenden Mächtigkeiten auftreten und häufig mit kristallinischen Kalken, zuweilen auch mit Kaolin, vergesellschaftet sind (s. Abbildung, S. 660). Was in der Gegend von Passau als Graphit gewonnen wird, ist eigentlich ein bis in große Tiefen durch und durch verwitterter Gneis, dessen Glimmer durch reichlichen Graphit ersetzt wird, also ein Graphitgneis. Ähnliche Graphitgneise kennt man auch anderwärts; bei keinem ist aber die Graphitbeimengung so stark wie beim Passauer, wo die feldspatigen Bestandteile durch den Graphit vollkommen verdeckt werden. Der Passauer Graphit eignet sich in Verbindung mit dem dortigen Kaolin in hervorragender Weise zur Herstellung von Schmelztiegeln, die in dieser Gegend schon seit mehreren Jahrhunderten erzeugt werden; schon der Sachse Georg Agricola (1490—1555) erwähnt sie rühmend. Die Beimengung von Graphit, die die ungebrannten Thongefäße in den ältesten Grabstätten Oberfrankens erkennen lassen, beweist, daß dieser Stoff hier schon in prähistorischer Zeit gewürdigt worden ist. Kleinere Graphitlager, wie die des böhmisch-bayrischen Massivs, finden sich in den kristallinischen Schiefern der Alpen, in Steiermark und Kärnten, im Departement Oberalpen, im französischen Zentralplateau, im Departement Rhône und an anderen Orten.

Von *außereuropäischen* Lagerstätten sind in erster Linie die sibirischen, ostindischen und nordamerikanischen von Bedeutung. Das berühmte *sibirische* Graphitlager der Mine Mariinskoi liegt im Tunkisker Gebirge, einem nordöstlichen Zweige des Sajanskischen Gebirges, 50 Meilen westlich von Irkutsk, und wurde hier im Jahre 1847 vom Kaufmann Alibert entdeckt. Das Hauptgraphitlager befindet sich in einer Mächtigkeit von 2 m zwischen Graphit und Syenit und nimmt, von kristallinischem Kalk begleitet, gegen die Tiefe an Mächtigkeit und Reinheit zu. Im Winter, wenn der die Abgründe erfüllende und Flüsse überbrückende Schnee den Transport ermöglicht, wird der Graphit aus dem entlegenen, wilden Tunkisker Gebirge über Krasnojarsk und Tomsk nach Nürnberg gebracht, um hier in der bekannten Faberschen Fabrik weiter verarbeitet zu werden. Einem durchaus kristallinischen Gebiete entstammt der Graphit der Insel *Ceylon*, der sich durch blätterige, schuppige Textur und große Reinheit auszeichnet. Für *Nordamerika* war einige Zeit lang die Sonora-Mine (Tuolumme County) in Kalifornien von großer Bedeutung; man gewann dort einen Graphit von ziemlich bedeutender Härte und Polierfähigkeit. Gegenwärtig ist die ergiebigste Mine die von Ticonderoga im Staate New York. Außerdem kennt man aber auch in Kanada, Neubraunschweig, Massachusetts, Alabama, Pennsylvanien, Colorado, Neumexiko, ferner in Brasilien, in Bengalen, Madagaskar, Neuseeland, kurz fast in allen Gebieten, wo sich die kristallinischen Schiefer bedeutender entwickeln, bald größere, bald kleinere Graphitlager, so daß der heutigen Industrie große Mengen dieses ehedem so seltenen und hochgeschätzten Produktes zur Verfügung stehen.

Als feuerfestes Material verdienen endlich noch die *natürlichen feuerfesten Steine* Erwähnung. Man wendet sie namentlich da an, wo auf besondere Größe der Steine Wert gelegt wird, wie als Gestellsteine für Hochöfen. Diesem Zwecke können Steine von verschiedener mineralogischer Zusammensetzung entsprechen, am häufigsten wählt man massige Quarzsandsteine. Ein feuerfester Stoff von geringerer Bedeutung ist der *Asbest*, die feinfaserige Varietät der Hornblende und des Chrysotils. Die faserige Beschaffenheit dieses Minerals ermöglicht seine Verarbeitung zu unverbrennlichen Geweben, deren Verwendung jedoch sehr beschränkt ist.

Das wichtigste der *abfärbenden* erdartigen Minerale wurde bereits besprochen: der Graphit. Eine andere schwarze Farbe, das *Schieferschwarz*, bereitet man aus dem Alaunschiefer oder dem kohlehaltigen Schiefer der Silurformation und verwendet es zu Druckerschwärze, Stiefelwichse, Tünchfarben und dergleichen. Durch Mengung von Schieferschwarz oder Schwarzerde mit Graphit erhält man das zum Schwärzen der Eisengußwaren beliebte Pottlot.

Digitized by Google

Als weißen Schreibstoff benutzt man in ausgedehntester Weise die Schreibkreide von Rügen, von Meudon, von der englischen Küste und anderen Gegenden. Die Kreide gehört der Senonstufe der oberen Kreideformation an und besteht der Hauptsache nach aus einer Anhäufung mikroskopischer Kalkschälchen von Foraminiferen und anderen kleinsten Lebewesen (vgl. oben, S. 267). Statt der Schreibkreide wird in geringem Maße wohl auch weißer, gemahlener Gips verwendet, und auch der weiß gefärbte, reine Baryt dient als Farbstoff, indem er den geringeren Sorten von Bleiweiß zugesetzt wird.

Gelbe, braune und rote Farben werden aus Eisenoxydhydraten von erdiger Beschaffenheit, dem Rötel und Eisenocker, hergestellt. Braune, rote und gelbe Farbstoffe liefern ferner die Bole, derbe, fettglänzende, muschelig brechende, braune bis isabellgelbe Minerale, die im wesentlichen wasserhaltige Silikate von Thonerde und Eisenoxyd darstellen und bald als Zersetzungsprodukt vulkanischer, besonders basaltischer Gesteine, bald als Absätze eisenhaltiger Quellen zu betrachten sind und zuweilen auch auf Erzgängen vorkommen. Die Farbennüancen der Bole sind mannigfaltig. Der armenische Bol ist lebhaft rot, der von Sinope dunkelrot, der von Lemnos und der schlesische ist gelbrot, der französische blaßrot, der von Blois blaßgelb, der von Siena gelb. Eine ähnliche Verbindung wie Bol, nur mit einem ziemlich großen Mangangehalt, stellt die Umbra der Insel Cypern dar, die eine braune Farbe abgibt; die „kölnische Umbra" dagegen wird, wie das Kasseler Braun, aus zimtbrauner Braunkohle erzeugt. Einen gelben Farbstoff gewinnt man ferner aus der Gelberde oder dem Melinit, einer dem Kaolin naheverwandten ockergelben Verbindung. Grüne Farben erhält man aus dem Seladonit oder der Grünerde, die ein grünes, erdiges Zersetzungsprodukt nach der Hornblende und dem Augit der Eruptivgesteine bildet und unter anderem am Monte Baldo bei Verona und auf der Insel Cypern gewonnen wird. Blaues Ultramarin bereitete man früher durch Pulverisieren von Lasurstein. Doch ist diese Fabrikation jetzt nicht mehr in Gebrauch, seitdem das natürliche Ultramarin durch ein schöneres und billigeres Kunstprodukt ersetzt worden ist.

Die zu chemischen Zwecken verwendeten Minerale.

Wie die metallischen Minerale, so bilden auch andere nichtmetallische Verbindungen und Gesteine die Grundlage chemischer Großindustrie. Während aber jene eine genetisch, physikalisch und chemisch zusammengehörige, natürliche Gruppe bilden, gehören die jetzt zu besprechenden Gesteine verschiedenen mineralogischen Gruppen an; und daher ist ihre Anordnung und Zusammenstellung willkürlich. Wir beginnen mit dem Kalkstein.

Der Kalkstein gibt gebrannt, als Ätzkalk, eine starke Base und findet in dieser Eigenschaft die weiteste Anwendung, da er überall billig und unbeschränkt zu beschaffen ist. Um nur einige Beispiele herauszugreifen, sei seine Verwendung in Stearin-, Soda- und Chlorkalkfabriken, Seifensiedereien, Glashütten und Zuckersiedereien erwähnt. Bei metallurgischen Prozessen wird der Kalkstein als Flußmittel angewendet und bildet namentlich beim Schmelzen der Eisenerze einen nicht unerheblichen Bestandteil der jeweiligen Beschickung der Hochöfen.

Dieselbe Verwendung als Flußmittel findet der Flußspat oder Fluorit (FlCa), der außerdem das einzige Mineral zur Darstellung der Fluorwasserstoffsäure ist. Der Dolomit, der wie der Kalkstein ganze Bergzüge zusammensetzt, wird in chemischen Fabriken zur Erzeugung von Magnesia benutzt; ebenso der viel seltenere, meist nesterweise mit Serpentin zusammen vorkommende Magnesit, der überdies zur Erzeugung künstlicher Mineralwässer zugezogen wird.

Die Minerale Cölestin oder Strontiumsulfat ($SrSO_4$) und Strontianit oder Strontiumkarbonat ($SrCO_3$) bilden das Rohmaterial für die Darstellung der Strontiumpräparate und

Digitized by Google

dienen in der Feuerwerkerei zur Erzeugung des roten Lichtes. Beide erscheinen nur selten in größeren Mengen. Der Cölestin begleitet bisweilen die Gips- und Schwefellager; der Strontianit kam früher zumeist aus Schottland, wird aber jetzt auch im Münsterschen gewonnen, wo er unregelmäßige Trümmer und Gänge in der Senonkreide bildet. Die Schwererde führenden Minerale Baryt, Schwerspat oder Barymsulfat ($BaSO_4$) und Witherit oder Barymkarbonat ($BaCO_3$) dienen zur Darstellung der Barympräparate und werden in der Glas- und Zuckerfabrikation verwendet; die Hauptmasse der Produktion der Schwer-Erdeminerale ist freilich dem verwerflichen Zwecke der Verfälschung des Mehles gewidmet.

Die im Mineralreiche am häufigsten vorkommende Substanz, die Kieselsäure, ist zugleich eine der technisch wichtigsten. Sie bildet den hauptsächlichsten Rohstoff für die Email- und Glasfabrikation und wird hierbei teils in der Form von reinem Quarz, teils von Sand, Sandstein oder Kieselgur angewendet. Möglichste Reinheit ist bestimmend für ihren Wert bei der Glasfabrikation. Die Kieselgur, deren schon als Poliermittel Erwähnung geschah (S. 656), spielt außerdem eine Rolle bei der Fabrikation von Dynamit, Wasserglas, Ultramarin, als Zusatz zu Seife, Siegellack, Papier und Steinkitt.

Der Schwefel gehört zu den in der Natur allgemein verbreiteten Mineralstoffen. Bald verbindet er sich mit Metallen, bald erscheint er, von Gips, Salz und Bitumen begleitet, in sedimentären Schichten, bald gelangt er durch vulkanische Kräfte oder aufsteigende Quellen zur Oberfläche. Trotz der weiten Verbreitung wurde der Schwefel doch lange Zeit fast ausschließlich nur auf den reichen Lagerstätten der Provinzen Girgenti und Caltanisetta in Südwest-Sizilien gewonnen. Am Südfuße des Ätna dehnen sich diese Lager weithin aus, stehen aber keineswegs mit dessen vulkanischer Natur in Zusammenhang, wie man zuweilen irrtümlich annimmt, sondern gehören einer sedimentären Bildung, dem Miocän an, das geologisch älter ist als die Eruptivmassen des Ätna. In der Provinz Girgenti sind zahlreiche isolierte Schwefelbecken bekannt, deren Basis stets große Gips- und zuweilen Salzmassen und helle, von Foraminiferen strotzende bituminöse Schiefer bilden. Der Schwefel selbst erscheint in Bändern von 1 cm bis 2 m, selbst 3 m Dicke in Kalkmergeln eingelagert, die Fische, Insekten und Pflanzenabdrücke enthalten. Darüber folgen wieder Foraminiferenthone.

Ganz ähnliche geologische Verhältnisse bieten die ungefähr gleichalterigen Schwefellager von Radoboj in Kroatien und Szwoszowice bei Krakau in Galizien dar. Das Lager von Teruel in Aragonien erregt deshalb besonderes Interesse, weil hier zahllose kleine Schnecken in dichtem Schwefel eingeschlossen sind. Bemerkenswert ist der Umstand, daß der Schwefel der genannten Lagerstätten häufig stark von Bitumen durchzogen ist.

Über die Entstehungsweise der Schwefellagerstätten von der Art der bisher erwähnten gibt ein Vorkommen Aufschluß, das sich an der Küste des Roten Meeres, südlich vom Gebel Zeit befindet. Nach O. Fraas ist es eine Strandbildung, die aus Gips, Salz und Schwefel besteht. Der Schwefel durchdringt den schneeweißen Gips und bildet darin auch ganze Lagen und Nester. Hier bestand in altalluvialer, geologisch also nicht sehr weit zurückgelegener Zeit eine Lagune, aus deren übersättigtem Wasser sich Salz und Gips niedergeschlagen haben. In Fäulnis übergehende Tierreste, die der Strand des Roten Meeres reichlich beherbergt, veranlaßten die Bildung von Gasen, die die Zersetzung des Gipses und die Bildung von Schwefelwasserstoff zur Folge hatten; aus diesem aber konnte sich der Schwefel in fester Form abscheiden. Für die Schwefellager Girgentis wurde indessen auch auf die Möglichkeit einer anderen Entstehungsweise hingewiesen. Die Kalke, die hier so reiche Schwefelvorräte einschließen, werden von manchen Forschern als eine Süßwasserbildung betrachtet, wo schwefel- und kalkhaltige Quellen einen wechselnden Absatz von Kalkstein und Schwefel bewirkten.

Digitized by Google

Eine andere Gruppe von Schwefellagerstätten ist an vulkanische Gebiete gebunden. Der Schwefel bildet in Form von Schwefelwasserstoff oder schwefliger Säure eins der häufigsten Exhalationsprodukte vulkanischer Gegenden. Namentlich da, wo die vulkanische Thätigkeit zeitweilig oder dauernd nachgelassen hat, äußert sich der Vulkanismus häufig noch durch fortdauernde Ausströmungen von Schwefelwasserstoff, schwefliger Säure und Borsäure, die gemengt mit Wasserdampf aus den sogenannten Solfataren hervordringen. Der Mensch läßt sich selbst durch die Nähe der unberechenbaren, tückischen Vulkankräfte nicht abhalten, auch diese Produkte für seine Zwecke nutzbar zu machen, wie dies auf der Lipareninsel Vulcano geschieht. Die Fumarolen, an denen die Dämpfe hervortreten, werden mit lockerer vulkanischer Asche bedeckt, worin der Dampf seinen wertvollen Stoff niederlegt. Die auf diese Weise bereicherte Asche wird hiernach in einer eigenen Fabrik verarbeitet. Ähnliche Schwefelexhalationen kennt man von Puzzuoli bei Neapel, auf der griechischen Insel Milo, in Kalifornien, Island und überhaupt in jedem größeren Vulkangebiete. Kommen die Schwefelsublimationen auf ihrem Wege zur Erdoberfläche mit einer Quelle in Berührung, so gelangen sie im Quellwasser absorbiert zu Tage.

Bis zum Jahre 1838 beschränkte man sich auf die Ausbeutung des gediegenen und des vulkanischen Schwefels. Namentlich hatten die sizilischen Lagerstätten jahrhundertelang den weitaus größten Teil des gesamten Schwefelbedarfs Europas und Amerikas zu decken. In diesem Jahre aber belegte die neapolitanische Regierung unter König Ferdinand II. die Ausfuhr dieses unentbehrlichen Minerals mit einem so hohen Zoll, daß sein Preis auf das Dreifache stieg. Wohl wurde diese harte Maßregel infolge einer Flottendemonstration Englands und diplomatischer Vermittelung seitens der französischen und piemontesischen Regierung wieder zurückgenommen; aber den zahlreichen Fabrikanten, die große Mengen von Schwefel und Schwefelsäure bedurften, drängte sich die Überzeugung auf, wie mißlich es sei, für einen so wichtigen Rohstoff von willkürlichen Launen abhängig zu sein, und nahmen daher die schon vorher namentlich in England begonnenen Versuche wieder auf, Schwefelsäure aus Schwefelkies und geschwefelten Erzen herzustellen. Dies geschah mit so viel Glück, daß bald darauf die Schwefelsäure fast nur noch aus Kiesen, namentlich dem so häufigen und vorher als wertlos betrachteten Schwefelkies, gewonnen wurde. Gegenwärtig wird kaum mehr als ein Achtel der gesamten, von der Industrie verbrauchten Schwefelsäuremenge aus gediegenem Schwefel, dagegen sieben Achtel aus Kiesen, namentlich Schwefelkies, und als Nebenprodukt auch aus Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende erzeugt. Die größte Produktion weisen die Länder Spanien, Portugal und Norwegen auf.

Als letzte Gruppe der in der chemischen Großindustrie verwendeten Minerale bleibt eine Reihe von salzigen Verbindungen zu besprechen übrig, die in der Natur teils in fertiger Form vorkommen, teils aus geeigneten Rohstoffen fabrikmäßig hergestellt werden. Von den Salzen der Aluminia oder Thonerde ist nur eins, der Kalialaun, eine Doppelverbindung von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali, technisch wichtig. Größere Mengen natürlichen Kalialauns werden nur in vulkanischen Gegenden gewonnen. Er ist ein Produkt der Exhalation. Wo Ausströmungen von schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff Laven und Trachyte durchsetzen, kommt es stets zur Bildung von Alaun oder mindestens von Alunit oder Alaunstein, einer Verbindung, die dem reinen Alaun sehr nahe steht. Gefördert wird dieser Alaun, der vor dem fabrikmäßig dargestellten stets den Vorzug besonderer Reinheit genießt, durch Auslaugung. Trotzdem daß dies an vielen Punkten (in Puzzuoli, Tolfa bei Civitavecchia und Montioni bei Piombino, in Munkacs, Tokay und Beregszasz in Oberungarn, auf den Inseln Milo, Argentina und Nipoligo im Griechischen Archipel, am Mont d'Or in der Auvergne, in Samsin in Kleinasien) geschieht, ist doch die auf diese Weise gewonnene Alaunmenge unbedeutend gegen die Quantitäten, die man aus Alaunschiefer, Alaunerde, Kryolith und Beauxit erzeugt.

Digitized by Google

Der Alaunschiefer ist ein dunkler, von Schwefelkies durchzogener, meist auch an Bitumen und kohligen Substanzen reicher Thonschiefer, der in den geologisch alten Formationen vorkommt, namentlich im Silur und Devon. Die Alaunerde gehört dagegen vorwiegend den jüngeren Formationen an und besteht aus erdig-thoniger Braunkohle mit reichlichem Zusatz von Schwefelkies und äußerst fein verteiltem Schwefel.

Enthalten schon Alaunschiefer und -erde nicht mehr alle jene Stoffe, aus denen der Alaun zusammengesetzt ist, so bringen Kryolith und Beauxit von den Alaunbestandteilen nur die Thonerde mit, während die Schwefelsäure und Alkalisalze im Verlaufe des chemischen Prozesses zugefügt werden müssen. Der Kryolith oder Eisspat ist ein eisähnliches, aus Fluorwasserstoffsäure, Thonerde und Natrium bestehendes Mineral, das in größerer Menge nur in Ivitût (Südgrönland) unter sehr merkwürdigen geologischen Verhältnissen vorkommt. Dort setzt eine mächtige Kryolithmasse lagerförmig im Gneis auf und wird an den Grenzen gegen diesen von dünnen Lagergängen Spateisenstein, Quarz und silberhaltigem Bleiglanz begleitet, die selbst wieder von Kryolithgängen durchschwärmt werden. Diese sind reich an Kolumbit, Molybdänglanz, Zinnstein und anderen seltenen Mineralen; auch die Grenzpartien des Hauptkryolithlagers sind erzreich und führen Kupfer- und Eisenkies, Bleiglanz und Blende. In den fünfziger bis siebziger Jahren wurde der grönländische Kryolith lebhaft abgebaut und in Europa und Nordamerika nicht nur zur Alaunfabrikation, sondern auch zur Bereitung von Natronlauge und Soda, in Salindres in Frankreich auch zur Darstellung des metallischen Aluminiums verwendet. Später aber wurde er durch den Beauxit verdrängt.

Unter dem Namen Beauxit faßt man bolusartige Minerale zusammen, die hauptsächlich aus Thonerde, Eisenoxyd und Wasser bestehen. Man wurde auf den Beauxit zuerst in Beaux unweit Arles in Südfrankreich aufmerksam und hat später ähnliche Minerale in Belfast und Antrim (Irland), in Kalabrien, Ägina, in Pitten (Niederösterreich) und bei Feistritz an der Wocheiner Save nachgewiesen; das krainische Vorkommen, der „Wocheinit", entfernt sich indessen durch seine chemische Zusammensetzung vom echten Beauxit.

Unter den Salzen des Natriums ist in erster Linie das Natriumkarbonat oder die Soda ($Na_2CO_3+10H_2O$) hervorzuheben. Viele abflußlose Landseen enthalten unter anderen Salzen auch das Natriumkarbonat, so die Landseen Unterägyptens im abflußlosen Gebiete von Sukena unweit Fezzan, bei Nizam in Ostindien, bei Colcha, östlich von Iquique in Peru. Im Great Basin Nevadas verdienen namentlich zwei Seen hervorgehoben zu werden. Der größere „Desert Lake" hat eine fast kreisrunde Form und senkrecht abstürzende Ufer; sein Durchmesser beträgt ungefähr 1 km. Der kleinere „Soda Lake" hat ebenfalls steile Ufer und trocknet im Sommer fast gänzlich aus unter Zurücklassung einer glänzenden Salzfläche, die namentlich aus Kochsalz, schwefelsaurem und kohlensaurem Natron besteht. In einigen Gegenden erscheint die Soda in Form dünner Ausblühungen auf der Oberfläche des Bodens, wie im Szekboden Ungarns. Seitdem man aber gelernt hat, das im Kochsalz enthaltene Natrium in Natriumkarbonat umzusetzen, und seitdem man auch Natriumsulfat, Kohle, Kryolith und Beauxit zur Sodafabrikation herangezogen hat, hat sich der Verbrauch der natürlichen Soda (Trona) sehr vermindert. Die Hauptmasse der für zahlreiche Manufakturen, wie namentlich die Seifen- und Glasfabrikation und die Färberei, unentbehrlichen Soda wird gegenwärtig aus Kochsalz und den übrigen genannten Rohstoffen erzeugt.

Ebenso wird das Natriumsulfat oder Glaubersalz ($Na_2SO_4+10H_2O$) meist als Nebenprodukt anderer chemischer Prozesse gewonnen, obwohl es auch in reichlichen Mengen natürlich vorkommt. Es bildet einen Bestandteil der Salzführung von abflußlosen Landseen in Südrußland und im Great Basin Nevadas und erscheint in Mineral- und Solquellen. Bei Muchrevan unweit Tiflis gibt es ein 5 Fuß mächtiges Lager von reinem Glaubersalz, das von Thon und Mergel

Digitized by Google

bedeckt wird; bei Logroño und Lodosa im Ebrothale wechsellagern mächtige Schichten von Glaubersalz mit Kochsalz. Auch das peruanische Salpetergebiet enthält viel Natriumsulfat.

Bei keinem Sauerstoffsalz ist das natürliche Vorkommen wichtiger als bei dem Chili- oder Natron-Salpeter, dem salpetersauren Natron ($NaNO_3$). Der Natronsalpeter ist in Schichten bis zu 1, ja 2 m Mächtigkeit angehäuft, die sich über große Flächen in der Umgebung von Tarapacá an der Südgrenze Perus ausdehnen. Vom Gestade des Stillen Ozeans bei Iquique erhebt sich das Land in vier deutlichen Terrassen. Die erste ist 100—200 m hoch, ungefähr 5 Meilen breit, ist vegetationsfrei und bedeckt mit Salz und Sand. Darüber erhebt sich landeinwärts die 5 Meilen breite Pampa del Tamarugal zu einer Höhe von 1000—1200 m und besteht zu oberst aus Salz, Sand und Natronsalpeter. Östlich davon folgen noch zwei weitere Stufen, von denen die letzte unmittelbar an den hohen beschneiten Kamm der Kordilleren anschließt. Die Hauptmasse des Natronsalpeters beherbergt die Pampa del Tamarugal, namentlich an ihrem Westrand und an dem Gehänge, mit dem sie sich gegen die Küstenterrasse senkt. Auffallend ist das Auftreten des Natronsalpeters am Rande beckenförmiger Vertiefungen, die das Gepräge von eingetrockneten Seen darbieten und in der Mitte eine Salzschicht aufweisen. Da sich in den Salpeterlagern wie in den unterliegenden Schichten rezente Seemuscheln finden, scheint es sicher, daß das Meer bei der Entstehung des Salpeters wesentlich beteiligt war. Das Nähere der Bildungsvorgänge dieser merkwürdigen Lagerstätte ist aber noch nicht aufgeklärt. Ochsenius schreibt der Einwehung von stickstoffreichem und phosphatarmem Staubguano von den Inseln und Felsen der Küstengegend her eine wesentliche Rolle bei der Salpeterbildung zu. Welch hohen Wert das Salpetervorkommen für Peru besitzt, erhellt aus der Thatsache, daß dieses Land in der letzten Zeit jährlich an 300,000 Tonnen im Werte von mehr als 80 Millionen Mark ausgeführt hat.

Auch Kalisalpeter oder salpetersaures Kali kommt im südamerikanischen Litorale vor, aber nur in geringer Menge als Ausblühung in der Nähe ehemaliger Begräbnisstätten. Dieselbe oder eine sehr ähnliche Art des Vorkommens kennt man auch aus Persien, der ungarischen Ebene, Ägypten und Ostindien, wo Kalisalpeter ebenfalls in der Nähe von Grabesstätten oder menschlichen Ansiedelungen als Ausblühung zu Tage tritt. Offenbar verdankt er seine Entstehung der Zersetzung stickstoffhaltiger, organischer Materie unter Zutritt der Luft, bei Gegenwart von alkalischen Basen der kohlensauren Salze. Am lebhaftesten wird die Gewinnung in Ostindien und in Ägypten betrieben, wo die Salpeterbildung durch das heiße Klima besonders begünstigt wird. Dort wittert der Salpeter nach der Regenzeit, gemengt mit salpetersaurem Calcium und Magnesium, reichlich aus und wird durch Auslaugen und Verdunsten gewonnen. Der Kalisalpeter dient, wie bekannt, hauptsächlich zur Schießpulverbereitung, läßt aber noch zahlreiche andere Verwendungen zu. Der Natronsalpeter ist dagegen wegen seiner Eigenschaft, die Feuchtigkeit der Luft an sich zu ziehen, zur Schießpulverfabrikation ungeeignet und wird zur Darstellung von Kalisalpeter, Salpetersäure und als Dungmittel verwendet.

Beschränkter ist der Verbrauch der namentlich medizinischen Zwecken dienenden Magnesiasalze, unter denen das Magnesiumsulfat oder Bittersalz (Epsomit, $MgSO_4+7H_2O$) die größte Bedeutung besitzt. Das Bittersalz wurde früher namentlich durch Eindampfen der Bitterwässer, wie in Epsom in England, Seidlitz, Saidschitz und Püllna in Böhmen, erzeugt; gegenwärtig stellt man es hauptsächlich aus der Mutterlauge des Meerwassers, der Salzseen und der Salzsolen und aus dem unter den Abraumsalzen von Staßfurt genannten Kieserit dar.

Eine stets steigende Bedeutung und Anwendung in der Industrie gewinnen die borsauren Salze, namentlich der Borax oder Tinkal und die Borsäure. Man benutzt sie beim Löten der Metalle, zur Herstellung von Legierungen, Email, Glasuren, in der Porzellan- und Glasfabrikation, als Ersatz für Seife und dergleichen. Einige Zeit schien das reine, kristallisierte Bor wegen

Digitized by Google

seiner an den Diamanten erinnernden Eigenschaften zu großen Hoffnungen zu berechtigen; diese sind aber bisher nicht in Erfüllung gegangen. Früher bezog man den Borax (das borsaure Natron, $Na_2B_4O_7+10aq$) ausschließlich aus Zentralasien, wo dieses Salz zu Dera Puga im westlichen und am Bul Tso unfern des Tengri Nor im zentralen Tibet als Absatz heißer Quellen vorkommt. Später wurden reiche Borax- und Borsäurevorkommnisse in Toscana und in den pazifischen Ländern Nordamerikas erschlossen. In der toscanischen Maremma waren schon lange zwischen Volterra und Massa in einem wüsten, aus Tertiärgesteinen gebildeten Landstrich Dampfquellen (Soffioni) und brodelnde Sümpfe (Lagoni) bekannt, in denen Höfer im Jahre 1778 Borsäure nachwies. Aber erst viel später gelang es, durch Abdampfen die Borsäure in größeren Massen darzustellen. Noch später wurden durch Tiefbohrungen größere Dampfmengen gewonnen, und die jährliche Produktion nahm derart zu, daß sich der früher von Menschen gemiedene Landstrich in eine Quelle von Wohlstand verwandelte und der zentralasiatische und westamerikanische Borax durch den toscanischen auf dem europäischen Markte fast gänzlich verdrängt wurde.

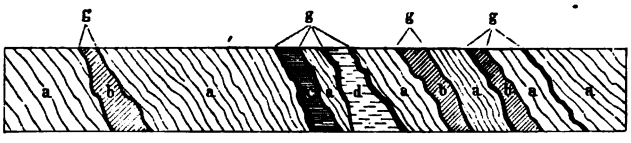
In Kalifornien erfolgte die Entdeckung des Borax im Jahre 1856 gelegentlich einer Analyse des Wassers von Lick Springs bei Tehama. Noch in demselben Jahre zeigte es sich, daß auch zahlreiche andere Mineralwässer dieser Gegend Borax enthalten, und ebenso wurde im Cleare- oder Borax-See (Lake County) dieses Mineral sowohl im Wasser gelöst als in Kristallen im Seeschlamm eingeschlossen nachgewiesen. Der Boraxsee wurde längere Zeit ausgebeutet, bis im Seengebiet von Nevada, namentlich in den Salzsümpfen, die die Namen Teel's Marsh, Rhode's Marsh, Columbus Marsh und Fish Lake Valley (Esmeralda County) führen, noch großartigere Anhäufungen von Borax entdeckt wurden. Diese uferlosen Salzsümpfe, offenbar Überbleibsel großer Binnenseen, enthalten nur in den tiefstgelegenen Stellen geringe Wassermengen und dehnen sich über bedeutende Flächen aus. Außerdem befinden sich auch an anderen Punkten Nevadas boraxhaltige Ablagerungen, die als Reste völlig abgedampfter Alkaliseen zu betrachten sind, wie bei Sand Springs und östlich von Wadsworth. Bei Wadsworth selbst erscheint der Borax in Gesellschaft von Kochsalz, Soda und Thenardit (wasserfreies Natriumsulfat). Einen geringen Boraxgehalt ($^1/_2$ Prozent) weist nach Abich auch das Wasser des abflußlosen Urmiahsees in Persien auf.

In Verbindung mit Calcium und Natrium, als Borocalcit und Natroborocalcit, begleitet Bor die Salpeter- und Glauberitlager von Iquique im peruanischen Küstenland. Dieselben Minerale zeichnen das Thermalgebiet Hotsprings im nordwestlichen Teile Nevadas aus und kommen auch in Neuschottland und an der Westküste von Afrika vor.

Digitized by Google

gewöhnlicher Töpferware und Ziegelsteinen verwenden kann. Die Lagerstätten nicht nur des Töpferthones, sondern auch des Kaolins sind überaus zahlreich.

Für feuerfeste Stoffe verweist uns das Mineralreich hauptsächlich auf drei Quellen: feuerfeste Thone, Graphit und feuerfeste Steine. Die feuerfesten Thone werden zu Öfen für Hütten-, Schmelz- und Glühprozesse, Retorten, Tiegel, Röhren und Häfen benutzt. Man rühmt besonders den Thonen der älteren Formationen, z. B. dem der Kohlenformation, hohe Feuerfestigkeit nach; doch kommen auch in den jüngeren Formationen genügend feuerbeständige Thone vor. Der Graphit ist ein außerordentlich weicher (Härtegrad 0,5—1), in dünnen Blättchen biegsamer, fettig anzufühlender, abfärbender Körper von eisenschwarzer Farbe und metallisch glänzendem Aussehen. In chemischer Beziehung ist er nichts anderes als eine eigentümliche Ausbildungsform des Kohlenstoffes, in geologisch-genetischer Hinsicht dagegen wohl das Endglied des Kohlenbildungsprozesses (vgl. oben, S. 562). Sind die flüchtigen Bestandteile der Kohle (Sauerstoff und Wasserstoff) schon im Anthracit auf einen geringen Prozentsatz herabgedrückt, so sind sie im Graphit völlig geschwunden, da er neben einer verschieden reichlichen Beimengung von Aschenbestandteilen nur aus Kohlenstoff zusammengesetzt ist. Während man Anthracit nur in paläozoischen Formationen kennt, findet man den Graphit nur im archäischen Gebirge, in



Graphitlager zu Wolmersdorf in Niederösterreich: a) Quarzschiefer, b) körniger Kalkstein, c) Hornblendeschiefer, d) Glimmerschiefer, g) Graphit. Vgl. Text, S. 661.

kristallinischen und halbkristallinischen Schiefern. Die im einzelnen nicht genauer bekannte Metamorphose, wodurch Schiefer und Kalke in kristallinischen Zustand versetzt wurden, hat wohl auch bei dem Verkohlungsprozeß mit gewirkt und dem Kohlenstoff die kristallinische Form des Graphits gegeben. So entstand im Graphit ein Mineralgebilde von ganz anderer physikalischer Beschaffenheit als die übrigen Glieder der Kohlenreihe. Als Brennstoff nicht nur nicht verwendbar, zeichnet sich der Graphit im Gegenteil durch so hohe Feuerbeständigkeit aus, daß er ein vorzügliches Material zur Herstellung von feuerfesten Gegenständen, namentlich Schmelztiegeln, abgibt. Als erdiger, abfärbender Körper eignet er sich vortrefflich als Schreibmaterial, zum Anstrich von eisernen Öfen und Röhren, als Schmiermittel, als Farbstoff für Filzhüte u. s. w.

Die Entdeckung des Graphits und seine Verwendung als Schreibmaterial verdanken wir England, wo zwischen 1540 und 1560 das berühmte Graphitlager von Barrowdale bei Keswick in Cumberland entdeckt und damit auch die Grundlage für die Bleistiftindustrie gegeben wurde. Hier befanden sich ehemals mächtige Lager vorzüglichen Graphits, die in Phyllit aufsetzen. Der Wert dieses Stoffes war früher so hoch, daß der Eingang zur Grube in eine förmliche Festung verwandelt wurde, um die Grube vor räuberischen Angriffen zu schützen. Obwohl die Grube einstmal jährlich nur sechs Wochen in Betrieb stand, soll der Wert des während dieser Zeit gewonnenen Graphits doch jedesmal 600—800,000 Mark betragen haben. Trotz dieses sparsamen Verfahrens mußte sich das Lager von Barrowdale durch die Jahrhunderte währende Ausbeutung allmählich so sehr erschöpfen, daß es gegenwärtig für die Industrie völlig belanglos geworden ist.

Auf dem europäischen Kontinent sind Graphitlager nicht selten. Am reichsten erweist sich das böhmische Massiv mit seinen randlichen Partien in Mähren (Krain, Böttau, Hafnerluden), Niederösterreich (Brunn am Walde, Geras, Deppach, Marbach), Bayern (Passau), Schlesien, Sachsen und im Fichtelgebirge. In Böhmen selbst sind namentlich die Lager von Schwarzbach und Stuben bei Krumau (Budweiser Kreis) von Bedeutung. Alle diese zuweilen nicht unbeträchtlichen Vorkommnisse haben das gemeinsam, daß sie in kristallinischen Schiefern, Gneisen

Digitized by Google

und Glimmerschiefern als regelmäßige Lager in verschiedenen, bis zu 14 m steigenden Mächtigkeiten auftreten und häufig mit kristallinischen Kalken, zuweilen auch mit Kaolin, vergesellschaftet sind (s. Abbildung, S. 660). Was in der Gegend von Passau als Graphit gewonnen wird, ist eigentlich ein bis in große Tiefen durch und durch verwitterter Gneis, dessen Glimmer durch reichlichen Graphit ersetzt wird, also ein Graphitgneis. Ähnliche Graphitgneise kennt man auch anderwärts; bei keinem ist aber die Graphitbeimengung so stark wie beim Passauer, wo die feldspatigen Bestandteile durch den Graphit vollkommen verdeckt werden. Der Passauer Graphit eignet sich in Verbindung mit dem dortigen Kaolin in hervorragender Weise zur Herstellung von Schmelztiegeln, die in dieser Gegend schon seit mehreren Jahrhunderten erzeugt werden; schon der Sachse Georg Agricola (1490—1555) erwähnt sie rühmend. Die Beimengung von Graphit, die die ungebrannten Thongefäße in den ältesten Grabstätten Oberfrankens erkennen lassen, beweist, daß dieser Stoff hier schon in prähistorischer Zeit gewürdigt worden ist. Kleinere Graphitlager, wie die des böhmisch-bayrischen Massivs, finden sich in den kristallinischen Schiefern der Alpen, in Steiermark und Kärnten, im Departement Oberalpen, im französischen Zentralplateau, im Departement Rhône und an anderen Orten.

Von *außereuropäischen* Lagerstätten sind in erster Linie die sibirischen, ostindischen und nordamerikanischen von Bedeutung. Das berühmte *sibirische* Graphitlager der Mine Mariinskoi liegt im Tunkisker Gebirge, einem nordöstlichen Zweige des Sajanskischen Gebirges, 50 Meilen westlich von Irkutsk, und wurde hier im Jahre 1847 vom Kaufmann Alibert entdeckt. Das Hauptgraphitlager befindet sich in einer Mächtigkeit von 2 m zwischen Graphit und Syenit und nimmt, von kristallinischem Kalk begleitet, gegen die Tiefe an Mächtigkeit und Reinheit zu. Im Winter, wenn der die Abgründe erfüllende und Flüsse überbrückende Schnee den Transport ermöglicht, wird der Graphit aus dem entlegenen, wilden Tunkisker Gebirge über Krasnojarsk und Tomsk nach Nürnberg gebracht, um hier in der bekannten Faberschen Fabrik weiter verarbeitet zu werden. Einem durchaus kristallinischen Gebiete entstammt der Graphit der Insel *Ceylon*, der sich durch blätterige, schuppige Textur und große Reinheit auszeichnet. Für *Nordamerika* war einige Zeit lang die Sonora-Mine (Tuolumme County) in Kalifornien von großer Bedeutung; man gewann dort einen Graphit von ziemlich bedeutender Härte und Polierfähigkeit. Gegenwärtig ist die ergiebigste Mine die von Ticonderoga im Staate New York. Außerdem kennt man aber auch in Kanada, Neubraunschweig, Massachusetts, Alabama, Pennsylvanien, Colorado, Neumexiko, ferner in Brasilien, in Bengalen, Madagaskar, Neuseeland, kurz fast in allen Gebieten, wo sich die kristallinischen Schiefer bedeutender entwickeln, bald größere, bald kleinere Graphitlager, so daß der heutigen Industrie große Mengen dieses ehedem so seltenen und hochgeschätzten Produktes zur Verfügung stehen.

Als feuerfestes Material verdienen endlich noch die *natürlichen feuerfesten Steine* Erwähnung. Man wendet sie namentlich da an, wo auf besondere Größe der Steine Wert gelegt wird, wie als Gestellsteine für Hochöfen. Diesem Zwecke können Steine von verschiedener mineralogischer Zusammensetzung entsprechen, am häufigsten wählt man massige Quarzsandsteine. Ein feuerfester Stoff von geringerer Bedeutung ist der *Asbest*, die feinfaserige Varietät der Hornblende und des Chrysotils. Die faserige Beschaffenheit dieses Minerals ermöglicht seine Verarbeitung zu unverbrennlichen Geweben, deren Verwendung jedoch sehr beschränkt ist.

Das wichtigste der *abfärbenden* erdartigen Minerale wurde bereits besprochen: der Graphit. Eine andere schwarze Farbe, das *Schieferschwarz*, bereitet man aus dem Alaunschiefer oder dem kohlehaltigen Schiefer der Silurformation und verwendet es zu Druckerschwärze, Stiefelwichse, Tünchfarben und dergleichen. Durch Mengung von Schieferschwarz oder Schwarzerde mit Graphit erhält man das zum Schwärzen der Eisengußwaren beliebte Pottlot.

Digitized by Google

Als weißen Schreibstoff benutzt man in ausgedehntester Weise die Schreibkreide von Rügen, von Meudon, von der englischen Küste und anderen Gegenden. Die Kreide gehört der Senonstufe der oberen Kreideformation an und besteht der Hauptsache nach aus einer Anhäufung mikroskopischer Kalkschälchen von Foraminiferen und anderen kleinsten Lebewesen (vgl. oben, S. 267). Statt der Schreibkreide wird in geringem Maße wohl auch weißer, gemahlener Gips verwendet, und auch der weiß gefärbte, reine Baryt dient als Farbstoff, indem er den geringeren Sorten von Bleiweiß zugesetzt wird.

Gelbe, braune und rote Farben werden aus Eisenoxydhydraten von erdiger Beschaffenheit, dem Rötel und Eisenocker, hergestellt. Braune, rote und gelbe Farbstoffe liefern ferner die Bole, derbe, fettglänzende, muschelig brechende, braune bis isabellgelbe Minerale, die im wesentlichen wasserhaltige Silikate von Thonerde und Eisenoxyd darstellen und bald als Zersetzungsprodukt vulkanischer, besonders basaltischer Gesteine, bald als Absätze eisenhaltiger Quellen zu betrachten sind und zuweilen auch auf Erzgängen vorkommen. Die Farbennüancen der Bole sind mannigfaltig. Der armenische Bol ist lebhaft rot, der von Sinope dunkelrot, der von Lemnos und der schlesische ist gelbrot, der französische blaßrot, der von Blois blaßgelb, der von Siena gelb. Eine ähnliche Verbindung wie Bol, nur mit einem ziemlich großen Mangangehalt, stellt die Umbra der Insel Cypern dar, die eine braune Farbe abgibt; die „kölnische Umbra" dagegen wird, wie das Kasseler Braun, aus zimtbrauner Braunkohle erzeugt. Einen gelben Farbstoff gewinnt man ferner aus der Gelberde oder dem Melinit, einer dem Kaolin naheverwandten ockergelben Verbindung. Grüne Farben erhält man aus dem Seladonit oder der Grünerde, die ein grünes, erdiges Zersetzungsprodukt nach der Hornblende und dem Augit der Eruptivgesteine bildet und unter anderem am Monte Baldo bei Verona und auf der Insel Cypern gewonnen wird. Blaues Ultramarin bereitete man früher durch Pulverisieren von Lasurstein. Doch ist diese Fabrikation jetzt nicht mehr in Gebrauch, seitdem das natürliche Ultramarin durch ein schöneres und billigeres Kunstprodukt ersetzt worden ist.

Die zu chemischen Zwecken verwendeten Minerale.

Wie die metallischen Minerale, so bilden auch andere nichtmetallische Verbindungen und Gesteine die Grundlage chemischer Großindustrie. Während aber jene eine genetisch, physikalisch und chemisch zusammengehörige, natürliche Gruppe bilden, gehören die jetzt zu besprechenden Gesteine verschiedenen mineralogischen Gruppen an; und daher ist ihre Anordnung und Zusammenstellung willkürlich. Wir beginnen mit dem Kalkstein.

Der Kalkstein gibt gebrannt, als Ätzkalk, eine starke Base und findet in dieser Eigenschaft die weiteste Anwendung, da er überall billig und unbeschränkt zu beschaffen ist. Um nur einige Beispiele herauszugreifen, sei seine Verwendung in Stearin-, Soda- und Chlorkalkfabriken, Seifensiedereien, Glashütten und Zuckersiedereien erwähnt. Bei metallurgischen Prozessen wird der Kalkstein als Flußmittel angewendet und bildet namentlich beim Schmelzen der Eisenerze einen nicht unerheblichen Bestandteil der jeweiligen Beschickung der Hochöfen.

Dieselbe Verwendung als Flußmittel findet der Flußspat oder Fluorit (FlCa), der außerdem das einzige Mineral zur Darstellung der Fluorwasserstoffsäure ist. Der Dolomit, der wie der Kalkstein ganze Bergzüge zusammensetzt, wird in chemischen Fabriken zur Erzeugung von Magnesia benutzt; ebenso der viel seltenere, meist nesterweise mit Serpentin zusammen vorkommende Magnesit, der überdies zur Erzeugung künstlicher Mineralwässer zugezogen wird.

Die Minerale Cölestin oder Strontiumsulfat ($SrSO_4$) und Strontianit oder Strontiumkarbonat ($SrCO_3$) bilden das Rohmaterial für die Darstellung der Strontiumpräparate und

Digitized by Google

dienen in der Feuerwerkerei zur Erzeugung des roten Lichtes. Beide erscheinen nur selten in größeren Mengen. Der Cölestin begleitet bisweilen die Gips- und Schwefellager; der Strontianit kam früher zumeist aus Schottland, wird aber jetzt auch im Münsterschen gewonnen, wo er unregelmäßige Trümmer und Gänge in der Senonkreide bildet. Die Schwererde führenden Minerale Baryt, Schwerspat oder Baryumsulfat ($BaSO_4$) und Witherit oder Baryumkarbonat ($BaCO_3$) dienen zur Darstellung der Baryumpräparate und werden in der Glas- und Zuckerfabrikation verwendet; die Hauptmasse der Produktion der Schwer-Erdeminerale ist freilich dem verwerflichen Zwecke der Verfälschung des Mehles gewidmet.

Die im Mineralreiche am häufigsten vorkommende Substanz, die Kieselsäure, ist zugleich eine der technisch wichtigsten. Sie bildet den hauptsächlichsten Rohstoff für die Email- und Glasfabrikation und wird hierbei teils in der Form von reinem Quarz, teils von Sand, Sandstein oder Kieselgur angewendet. Möglichste Reinheit ist bestimmend für ihren Wert bei der Glasfabrikation. Die Kieselgur, deren schon als Poliermittel Erwähnung geschah (S. 656), spielt außerdem eine Rolle bei der Fabrikation von Dynamit, Wasserglas, Ultramarin, als Zusatz zu Seife, Siegellack, Papier und Steinkitt.

Der Schwefel gehört zu den in der Natur allgemein verbreiteten Mineralstoffen. Bald verbindet er sich mit Metallen, bald erscheint er, von Gips, Salz und Bitumen begleitet, in sedimentären Schichten, bald gelangt er durch vulkanische Kräfte oder aufsteigende Quellen zur Oberfläche. Trotz der weiten Verbreitung wurde der Schwefel doch lange Zeit fast ausschließlich nur auf den reichen Lagerstätten der Provinzen Girgenti und Caltanisetta in Südwest-Sizilien gewonnen. Am Südfuße des Ätna dehnen sich diese Lager weithin aus, stehen aber keineswegs mit dessen vulkanischer Natur in Zusammenhang, wie man zuweilen irrtümlich annimmt, sondern gehören einer sedimentären Bildung, dem Miocän an, das geologisch älter ist als die Eruptivmassen des Ätna. In der Provinz Girgenti sind zahlreiche isolierte Schwefelbecken bekannt, deren Basis stets große Gips- und zuweilen Salzmassen und helle, von Foraminiferen strotzende bituminöse Schiefer bilden. Der Schwefel selbst erscheint in Bändern von 1 cm bis 2 m, selbst 3 m Dicke in Kalkmergeln eingelagert, die Fische, Insekten und Pflanzenabdrücke enthalten. Darüber folgen wieder Foraminiferenthone.

Ganz ähnliche geologische Verhältnisse bieten die ungefähr gleichalterigen Schwefellager von Radoboj in Kroatien und Szwoszowice bei Krakau in Galizien dar. Das Lager von Teruel in Aragonien erregt deshalb besonderes Interesse, weil hier zahllose kleine Schnecken in dichtem Schwefel eingeschlossen sind. Bemerkenswert ist der Umstand, daß der Schwefel der genannten Lagerstätten häufig stark von Bitumen durchzogen ist.

Über die Entstehungsweise der Schwefellagerstätten von der Art der bisher erwähnten gibt ein Vorkommen Aufschluß, das sich an der Küste des Roten Meeres, südlich vom Gebel Zeit befindet. Nach O. Fraas ist es eine Strandbildung, die aus Gips, Salz und Schwefel besteht. Der Schwefel durchdringt den schneeweißen Gips und bildet darin auch ganze Lagen und Nester. Hier bestand in altalluvialer, geologisch also nicht sehr weit zurückgelegener Zeit eine Lagune, aus deren übersättigtem Wasser sich Salz und Gips niedergeschlagen haben. In Fäulnis übergehende Tierreste, die der Strand des Roten Meeres reichlich beherbergt, veranlaßten die Bildung von Gasen, die die Zersetzung des Gipses und die Bildung von Schwefelwasserstoff zur Folge hatten; aus diesem aber konnte sich der Schwefel in fester Form abscheiden. Für die Schwefellager Girgentis wurde indessen auch auf die Möglichkeit einer anderen Entstehungsweise hingewiesen. Die Kalke, die hier so reiche Schwefelvorräte einschließen, werden von manchen Forschern als eine Süßwasserbildung betrachtet, wo schwefel- und kalkhaltige Quellen einen wechselnden Absatz von Kalkstein und Schwefel bewirkten.

Digitized by Google

Eine andere Gruppe von Schwefellagerstätten ist an vulkanische Gebiete gebunden. Der Schwefel bildet in Form von Schwefelwasserstoff oder schwefliger Säure eins der häufigsten Exhalationsprodukte vulkanischer Gegenden. Namentlich da, wo die vulkanische Thätigkeit zeitweilig oder dauernd nachgelassen hat, äußert sich der Vulkanismus häufig noch durch fortdauernde Ausströmungen von Schwefelwasserstoff, schwefliger Säure und Borsäure, die gemengt mit Wasserdampf aus den sogenannten Solfataren hervorbringen. Der Mensch läßt sich selbst durch die Nähe der unberechenbaren, tückischen Vulkankräfte nicht abhalten, auch diese Produkte für seine Zwecke nutzbar zu machen, wie dies auf der Lipareninsel Vulcano geschieht. Die Fumarolen, an denen die Dämpfe hervortreten, werden mit lockerer vulkanischer Asche bedeckt, worin der Dampf seinen wertvollen Stoff niederlegt. Die auf diese Weise bereicherte Asche wird hiernach in einer eigenen Fabrik verarbeitet. Ähnliche Schwefelexhalationen kennt man von Puzzuoli bei Neapel, auf der griechischen Insel Milo, in Kalifornien, Island und überhaupt in jedem größeren Vulkangebiete. Kommen die Schwefelsublimationen auf ihrem Wege zur Erdoberfläche mit einer Quelle in Berührung, so gelangen sie im Quellwasser absorbiert zu Tage.

Bis zum Jahre 1838 beschränkte man sich auf die Ausbeutung des gediegenen und des vulkanischen Schwefels. Namentlich hatten die sizilischen Lagerstätten jahrhundertelang den weitaus größten Teil des gesamten Schwefelbedarfs Europas und Amerikas zu decken. In diesem Jahre aber belegte die neapolitanische Regierung unter König Ferdinand II. die Ausfuhr dieses unentbehrlichen Minerals mit einem so hohen Zoll, daß sein Preis auf das Dreifache stieg. Wohl wurde diese harte Maßregel infolge einer Flottendemonstration Englands und diplomatischer Vermittelung seitens der französischen und piemontesischen Regierung wieder zurückgenommen; aber den zahlreichen Fabrikanten, die großer Mengen von Schwefel und Schwefelsäure bedurften, drängte sich die Überzeugung auf, wie mißlich es sei, für einen so wichtigen Rohstoff von willkürlichen Launen abhängig zu sein, und nahmen daher die schon vorher namentlich in England begonnenen Versuche wieder auf, Schwefelsäure aus Schwefelkies und geschwefelten Erzen herzustellen. Dies geschah mit so viel Glück, daß bald darauf die Schwefelsäure fast nur noch aus Kiesen, namentlich dem so häufigen und vorher als wertlos betrachteten Schwefelkies, gewonnen wurde. Gegenwärtig wird kaum mehr als ein Achtel der gesamten, von der Industrie verbrauchten Schwefelsäuremenge aus gediegenem Schwefel, dagegen sieben Achtel aus Kiesen, namentlich Schwefelkies, und als Nebenprodukt auch aus Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende erzeugt. Die größte Produktion weisen die Länder Spanien, Portugal und Norwegen auf.

Als letzte Gruppe der in der chemischen Großindustrie verwendeten Minerale bleibt eine Reihe von salzigen Verbindungen zu besprechen übrig, die in der Natur teils in fertiger Form vorkommen, teils aus geeigneten Rohstoffen fabrikmäßig hergestellt werden. Von den Salzen der Aluminia oder Thonerde ist nur eins, der Kalialaun, eine Doppelverbindung von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali, technisch wichtig. Größere Mengen natürlichen Kalialauns werden nur in vulkanischen Gegenden gewonnen. Er ist ein Produkt der Exhalation. Wo Ausströmungen von schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff Laven und Trachyte durchsetzen, kommt es stets zur Bildung von Alaun oder mindestens von Alunit oder Alaunstein, einer Verbindung, die dem reinen Alaun sehr nahe steht. Gefördert wird dieser Alaun, der vor dem fabrikmäßig dargestellten stets den Vorzug besonderer Reinheit genießt, durch Auslaugung. Trotzdem daß dies an vielen Punkten (in Puzzuoli, Tolfa bei Civitavecchia und Montioni bei Piombino, in Munkacs, Tokay und Beregszasz in Oberungarn, auf den Inseln Milo, Argentina und Nipoligo im Griechischen Archipel, am Mont d'Or in der Auvergne, in Samsin in Kleinasien) geschieht, ist doch die auf diese Weise gewonnene Alaunmenge unbedeutend gegen die Quantitäten, die man aus Alaunschiefer, Alaunerde, Kryolith und Beauxit erzeugt.

Digitized by Google

Der Alaunschiefer ist ein dunkler, von Schwefelkies durchzogener, meist auch an Bitumen und kohligen Substanzen reicher Thonschiefer, der in den geologisch alten Formationen vorkommt, namentlich im Silur und Devon. Die Alaunerde gehört dagegen vorwiegend den jüngeren Formationen an und besteht aus erdig-thoniger Braunkohle mit reichlichem Zusatz von Schwefelkies und äußerst fein verteiltem Schwefel.

Enthalten schon Alaunschiefer und -erde nicht mehr alle jene Stoffe, aus denen der Alaun zusammengesetzt ist, so bringen Kryolith und Beauxit von den Alaunbestandteilen nur die Thonerde mit, während die Schwefelsäure und Alkalisalze im Verlaufe des chemischen Prozesses zugefügt werden müssen. Der Kryolith oder Eisspat ist ein eisähnliches, aus Fluorwasserstoffsäure, Thonerde und Natrium bestehendes Mineral, das in größerer Menge nur in Ivitût (Südgrönland) unter sehr merkwürdigen geologischen Verhältnissen vorkommt. Dort setzt eine mächtige Kryolithmasse lagerförmig im Gneis auf und wird an den Grenzen gegen diesen von dünnen Lagergängen Spateisenstein, Quarz und silberhaltigem Bleiglanz begleitet, die selbst wieder von Kryolithgängen durchschwärmt werden. Diese sind reich an Kolumbit, Molybdänglanz, Zinnstein und anderen seltenen Mineralen; auch die Grenzpartien des Hauptkryolithlagers sind erzreich und führen Kupfer- und Eisenkies, Bleiglanz und Blende. In den fünfziger bis siebziger Jahren wurde der grönländische Kryolith lebhaft abgebaut und in Europa und Nordamerika nicht nur zur Alaunfabrikation, sondern auch zur Bereitung von Natronlauge und Soda, in Salindres in Frankreich auch zur Darstellung des metallischen Aluminiums verwendet. Später aber wurde er durch den Beauxit verdrängt.

Unter dem Namen Beauxit faßt man bolusartige Minerale zusammen, die hauptsächlich aus Thonerde, Eisenoxyd und Wasser bestehen. Man wurde auf den Beauxit zuerst in Beaux unweit Arles in Südfrankreich aufmerksam und hat später ähnliche Minerale in Belfast und Antrim (Irland), in Kalabrien, Ägina, in Pitten (Niederösterreich) und bei Feistritz an der Wocheiner Save nachgewiesen; das krainische Vorkommen, der „Wocheinit", entfernt sich indessen durch seine chemische Zusammensetzung vom echten Beauxit.

Unter den Salzen des Natriums ist in erster Linie das Natriumkarbonat oder die Soda ($Na_2CO_3+10H_2O$) hervorzuheben. Viele abflußlose Landseen enthalten unter anderen Salzen auch das Natriumkarbonat, so die Landseen Unterägyptens im abflußlosen Gebiete von Sukena unweit Fezzan, bei Nizam in Ostindien, bei Colcha, östlich von Iquique in Peru. Im Great Basin Nevadas verdienen namentlich zwei Seen hervorgehoben zu werden. Der größere „Desert Lake" hat eine fast kreisrunde Form und senkrecht abstürzende Ufer; sein Durchmesser beträgt ungefähr 1 km. Der kleinere „Soda Lake" hat ebenfalls steile Ufer und trocknet im Sommer fast gänzlich aus unter Zurücklassung einer glänzenden Salzfläche, die namentlich aus Kochsalz, schwefelsaurem und kohlensaurem Natron besteht. In einigen Gegenden erscheint die Soda in Form dünner Ausblühungen auf der Oberfläche des Bodens, wie im Szekboden Ungarns. Seitdem man aber gelernt hat, das im Kochsalz enthaltene Natrium in Natriumkarbonat umzusetzen, und seitdem man auch Natriumsulfat, Kohle, Kryolith und Beauxit zur Sodafabrikation herangezogen hat, hat sich der Verbrauch der natürlichen Soda (Trona) sehr vermindert. Die Hauptmasse der für zahlreiche Manufakturen, wie namentlich die Seifen- und Glasfabrikation und die Färberei, unentbehrlichen Soda wird gegenwärtig aus Kochsalz und den übrigen genannten Rohstoffen erzeugt.

Ebenso wird das Natriumsulfat oder Glaubersalz ($Na_2SO_4+10H_2O$) meist als Nebenprodukt anderer chemischer Prozesse gewonnen, obwohl es auch in reichlichen Mengen natürlich vorkommt. Es bildet einen Bestandteil der Salzführung von abflußlosen Landseen in Südrußland und im Great Basin Nevadas und erscheint in Mineral- und Solquellen. Bei Muchrevan unweit Tiflis gibt es ein 5 Fuß mächtiges Lager von reinem Glaubersalz, das von Thon und Mergel

Digitized by Google

bedeckt wird; bei Logroño und Lodosa im Ebrothale wechsellagern mächtige Schichten von Glaubersalz mit Kochsalz. Auch das peruanische Salpetergebiet enthält viel Natriumsulfat.

Bei keinem Sauerstoffsalz ist das natürliche Vorkommen wichtiger als bei dem Chili- oder Natron-Salpeter, dem salpetersauren Natron ($NaNO_3$). Der Natronsalpeter ist in Schichten bis zu 1, ja 2 m Mächtigkeit angehäuft, die sich über große Flächen in der Umgebung von Tarapacá an der Südgrenze Perus ausdehnen. Vom Gestade des Stillen Ozeans bei Iquique erhebt sich das Land in vier deutlichen Terrassen. Die erste ist 100—200 m hoch, ungefähr 5 Meilen breit, ist vegetationsfrei und bedeckt mit Salz und Sand. Darüber erhebt sich landeinwärts die 5 Meilen breite Pampa del Tamarugal zu einer Höhe von 1000—1200 m und besteht zu oberst aus Salz, Sand und Natronsalpeter. Östlich davon folgen noch zwei weitere Stufen, von denen die letzte unmittelbar an den hohen beschneiten Kamm der Kordilleren anschließt. Die Hauptmasse des Natronsalpeters beherbergt die Pampa del Tamarugal, namentlich an ihrem Westrand und an dem Gehänge, mit dem sie sich gegen die Küstenterrasse senkt. Auffallend ist das Auftreten des Natronsalpeters am Rande beckenförmiger Vertiefungen, die das Gepräge von eingetrockneten Seen darbieten und in der Mitte eine Salzschicht aufweisen. Da sich in den Salpeterlagern wie in den unterliegenden Schichten rezente Seemuscheln finden, scheint es sicher, daß das Meer bei der Entstehung des Salpeters wesentlich beteiligt war. Das Nähere der Bildungsvorgänge dieser merkwürdigen Lagerstätte ist aber noch nicht aufgeklärt. Ochsenius schreibt der Einwehung von stickstoffreichem und phosphatarmem Staubguano von den Inseln und Felsen der Küstengegend her eine wesentliche Rolle bei der Salpeterbildung zu. Welch hohen Wert das Salpetervorkommen für Peru besitzt, erhellt aus der Thatsache, daß dieses Land in der letzten Zeit jährlich an 300,000 Tonnen im Werte von mehr als 80 Millionen Mark ausgeführt hat.

Auch Kalisalpeter oder salpetersaures Kali kommt im südamerikanischen Litorale vor, aber nur in geringer Menge als Ausblühung in der Nähe ehemaliger Begräbnisstätten. Dieselbe oder eine sehr ähnliche Art des Vorkommens kennt man auch aus Persien, der ungarischen Ebene, Ägypten und Ostindien, wo Kalisalpeter ebenfalls in der Nähe von Grabesstätten oder menschlichen Ansiedelungen als Ausblühung zu Tage tritt. Offenbar verdankt er seine Entstehung der Zersetzung stickstoffhaltiger, organischer Materie unter Zutritt der Luft, bei Gegenwart von alkalischen Basen der kohlensauren Salze. Am lebhaftesten wird die Gewinnung in Ostindien und in Ägypten betrieben, wo die Salpeterbildung durch das heiße Klima besonders begünstigt wird. Dort wittert der Salpeter nach der Regenzeit, gemengt mit salpetersaurem Calcium und Magnesium, reichlich aus und wird durch Auslaugen und Verdunsten gewonnen. Der Kalisalpeter dient, wie bekannt, hauptsächlich zur Schießpulverbereitung, läßt aber noch zahlreiche andere Verwendungen zu. Der Natronsalpeter ist dagegen wegen seiner Eigenschaft, die Feuchtigkeit der Luft an sich zu ziehen, zur Schießpulverfabrikation ungeeignet und wird zur Darstellung von Kalisalpeter, Salpetersäure und als Dungmittel verwendet.

Beschränkter ist der Verbrauch der namentlich medizinischen Zwecken dienenden Magnesiasalze, unter denen das Magnesiumsulfat oder Bittersalz (Epsomit, $MgSO_4+7H_2O$) die größte Bedeutung besitzt. Das Bittersalz wurde früher namentlich durch Eindampfen der Bitterwässer, wie in Epsom in England, Seidlitz, Saidschitz und Püllna in Böhmen, erzeugt; gegenwärtig stellt man es hauptsächlich aus der Mutterlauge des Meerwassers, der Salzseen und der Salzsolen und aus dem unter den Abraumsalzen von Staßfurt genannten Kieserit dar.

Eine stets steigende Bedeutung und Anwendung in der Industrie gewinnen die borsauren Salze, namentlich der Borax oder Tinkal und die Borsäure. Man benutzt sie beim Löten der Metalle, zur Herstellung von Legierungen, Email, Glasuren, in der Porzellan- und Glasfabrikation, als Ersatz für Seife und dergleichen. Einige Zeit schien das reine, kristallisierte Bor wegen

Digitized by Google

seiner an den Diamanten erinnernden Eigenschaften zu großen Hoffnungen zu berechtigen; diese sind aber bisher nicht in Erfüllung gegangen. Früher bezog man den Borax (das borsaure Natron, $Na_2B_4O_7+10aq$) ausschließlich aus Zentralasien, wo dieses Salz zu Dera Puga im westlichen und am Bul Tso unfern des Tengri Nor im zentralen Tibet als Absatz heißer Quellen vorkommt. Später wurden reiche Borax- und Borsäurevorkommnisse in Toscana und in den pazifischen Ländern Nordamerikas erschlossen. In der toscanischen Maremma waren schon lange zwischen Volterra und Massa in einem wüsten, aus Tertiärgesteinen gebildeten Landstrich Dampfquellen (Soffioni) und brodelnde Sümpfe (Lagoni) bekannt, in denen Höfer im Jahre 1778 Borsäure nachwies. Aber erst viel später gelang es, durch Abdampfen die Borsäure in größeren Massen darzustellen. Noch später wurden durch Tiefbohrungen größere Dampfmengen gewonnen, und die jährliche Produktion nahm derart zu, daß sich der früher von Menschen gemiedene Landstrich in eine Quelle von Wohlstand verwandelte und der zentralasiatische und westamerikanische Borax durch den toscanischen auf dem europäischen Markte fast gänzlich verdrängt wurde.

In Kalifornien erfolgte die Entdeckung des Borax im Jahre 1856 gelegentlich einer Analyse des Wassers von Lick Springs bei Tehama. Noch in demselben Jahre zeigte es sich, daß auch zahlreiche andere Mineralwässer dieser Gegend Borax enthalten, und ebenso wurde im Cleare- oder Borax-See (Lake County) dieses Mineral sowohl im Wasser gelöst als in Kristallen im Seeschlamm eingeschlossen nachgewiesen. Der Boraxsee wurde längere Zeit ausgebeutet, bis im Seengebiet von Nevada, namentlich in den Salzsümpfen, die die Namen Teel's Marsh, Rhode's Marsh, Columbus Marsh und Fish Lake Valley (Esmeralda County) führen, noch großartigere Anhäufungen von Borax entdeckt wurden. Diese uferlosen Salzsümpfe, offenbar Überbleibsel großer Binnenseen, enthalten nur in den tiefstgelegenen Stellen geringe Wassermengen und dehnen sich über bedeutende Flächen aus. Außerdem befinden sich auch an anderen Punkten Nevadas boraxhaltige Ablagerungen, die als Reste völlig abgedampfter Alkaliseen zu betrachten sind, wie bei Sand Springs und östlich von Wadsworth. Bei Wadsworth selbst erscheint der Borax in Gesellschaft von Kochsalz, Soda und Thenardit (wasserfreies Natriumsulfat). Einen geringen Boraxgehalt ($1/2$ Prozent) weist nach Abich auch das Wasser des abflußlosen Urmiahsees in Persien auf.

In Verbindung mit Calcium und Natrium, als Borocalcit und Natroborocalcit, begleitet Bor die Salpeter- und Glauberitlager von Iquique im peruanischen Küstenland. Dieselben Minerale zeichnen das Thermalgebiet Hotsprings im nordwestlichen Teile Nevadas aus und kommen auch in Neuschottland und an der Westküste von Afrika vor.

Digitized by Google

Register.

Aachen 154. 517. 557. 559. 571. 614.
Aale 106.
Aarau 422.
Aargau 220. 250.
Aargletscher 422.
Aarmassiv 488.
Aasfresser 328.
Abessinien 261. 303. 528.
Abfaltersbach 499.
Ablagerungen, Altersbestimmung 3. 8. 9. 12—14. 20. 21.
— Gliederung 12. 13. 17.
Ablenker 589.
Abraumsalze 163. 554.
Abrudbánya 599.
Abstammungslehre 15.
Abteithal 191. 201.
Acadiagruppe 39. 41.
Acanthoceras 282.
— Martini 292.
— Milleti 292.
Acanthodes 109. 110. 167.
Acanthopterygier 283.
Acanthosphaera 34.
Acanthotelson 126.
— Stimpsoni 127.
Acella 405.
Acephalen 77.
Acer 272.
— arcticum 381.
— platanoides 435.
Aceratherium 342. 397. 410. 412. 413.
Aceriphyllum 272. 273.
— aralioides 273.
Achaenodon 346.
Achanarras 112.
Achat 647.
Achensee 255.
Achenthal 423.
Acidaspis 43. 78. 84. 90. 95.
— Buchi 78.
— Dufrenoyi 78.
— mira 78.
— Roemeri 78.
— tuberculatus 44. 46.
Acrochordiceras Damesi 105.
Acroculia anguis 71.
Acrosalenia 214.
Actaeonella 280. 296. 304.
Adacna 398.
Adalbertischacht (Przibram) 588. 604.
Adamello 493. 497. 498.
Adapis 331. 375.
Adapisorex 373.
Adaptive Gruppen 324.
Adda 422.
Adelsvorschub 592.
Adersbacher Steine 270. 513.
Adirondacks (New York) 39.
Adler 379.
Admont 193.
Adnether Schichten 255.
Adorfer Goniatitenkalk 120.
Adriatisches Festland 406.
— Meer 406. 416. 483. 500. 526. 527.
Adula-Massiv 492. 493.
Adular 648.
Aëluropus 328.
Aëtosaurus 181. 182.
Affen 9. 316. 317. 322. 325. 333—335. 377. 379. 397. 400. 402. 410.
Afghanistan 157. 160. 261. 278. 297. 332. 366. 531.
Afrika 207. 393. 526—530. 597.
Afterspinnen 138.
Agalmatolith 653.
Agassiz-See 461.
Ägeisches Meer 393. 405. 416. 478. 527. 530.
Agelacrinus 65. 70. 71.
Aeglina 43.
Agnostus 39. 44. 45.
Aegoceras bipunctatum 245.
— Davoei 207.
— Jamesoni 207.
Ägoceratiden 218.
Agram 400.
Agrigent 579.
Ägypten 367. 368. 408. 653.
Ahaggar 528.
Ahorn 272. 380. 381. 435. 436.
Aigialosauriden 283.
Aiguilles Rouges 488.
Ainacskö 402.
Aix 309 559.
Ajansfichte 364.
Ajka 300.
Akadisches Kohlenfeld 574.
Akarnanische Alpen 485.
Akazien 380.
Akklimatisation 26. 27.
Aktinien 57.
Aktinokriniden 101.
Alabama 538. 575.
Alabaster 652.
— ägyptischer 653.
Alactaga jaculus 442.
Alaigebirge 532.
Alais 375. 573.
Ålandsinseln 432.
Alaseja 458.
Alaska 258. 264. 295. 382. 384. 385. 457. 458. 460. 461. 537.
Alaun 664.
Alaunerde 665.
Alaunschiefer 38. 41. 569. 661. 665.
Alaunstein 664.
Albanien 296. 303. 388. 392. 403. 437. 485. 486.
Albien 270. 271.
Albula-Paß 493.
Alcyonarier 62.
Alemtejo (Portugal) 610.
Aleuten 258. 264. 293. 295. 302. 482. 537. 538.
Alexisbad 559.
Algen 88. 391.
Algerien 207. 259. 260. 347. 388 401. 402. 486. 507. 526. 549.
Algodonbai 609.
Algonkian 34.
Alkalische Wasser 558.
Alleghanygebirge 39. 98. 481. 538 bis 540. 563. 574. 575.
Allier 379.
Alligator 404.

Digitized by Google

Allotherien 240. 373.
Almadén 607.
Almandin 645.
Almería 615.
Alpen 97. 98. 183. 189. 207. 254. 259. 296. 303. 361. 367. 369. 390. 419. 423. 455. 481. 483. 485. 487—501. 523. 563 573.
Alpines 485.
Altai 457. 482. 526.
Altenberg 620—622.
Altenburg 164.
Altersbestimmung, s. Ablagerungen.
Altmühl 509.
Altwasser 558.
Alunit 664.
Alveolina 368.
Alzey 173. 363.
Amaltheus ibex 207.
— margaritatus 207. 218. 246.
— oxynotus 207.
— spinatus 207.
Amazonenstein 648.
Amazonenstrom 544.
Amb 548. 549.
Amberbäume 380.
Amblypoden 339. 357. 373. 374. 376.
Amblypterus 167.
Ameisen 137. 220. 309.
Ameisenbär 9. 359. 360. 465.
Ameisenfresser 318. 376.
Ameisenigel 8. 313. 318. 468.
Amerika 150. 411—413. 464. 538—544.
Amethyst 647.
Amia 107.
Amiano 579.
Amiranten 261.
Ammeberg 619.
Ammoniak 657.
Ammoniten 11. 26. 104. 169. 172. 207. 216—218. 244—249. 304. 372.
Ammonitenkalk, roter 254.
Ammonitiden 101 ff. 125. 189. 190. 280. 281.
Ammonsoase 528.
Ampezzaner Alpen 168. 499.
Amphibien 33. 129—131. 156. 162. 171. 181. 222. 283.
Amphicyon 327. 328. 379. 397. 410.
Amphipoden 125.
Amphitherium 240.
Ampyx 84.
— tenellus 78.
— Ruaulti 78.
Amur 41. 256. 262. 293. 526. 530. 598.
Anahuac 462.
Ananchytes 275. 276. 304.
— ovatus 276. 277.
Anaptomorphus 331.
Anaptychus 218.
Anatina praecursor 183.
Anchitherium 343—345. 379. 412.
— Aurelianense 394.
Ancodus 321. 348. 376. 412.
Ancyloceras 292. 293.
— Tabarelli 282. 292.
Ancylotherium 360.
Ancylus 310.
— illyricus 311.
Andalusit 646.
Andamanen 369. 535. 536.
Anden Südamerikas 544.
Andernach 655.
Andö 258.
Andreasberg (Harz) 630.
Andros 650.
Angiospermen 146.
Anglesit 613.
Angola 298.
Anguilla, Insel 409.
Anhydrit 656.
Anhydritgruppe 176.
Anjou 518.
Annaberg 603. 604. 634.
Anneliden 67. 72.
Annularia 140—142. 169.
Anodonta 310.
Anomodonten 168. 186. 188.
Anoplotherium 323. 324. 341. 348. 375.
Antalo 261.
Anthracit 34. 562. 566. 660.
Anthracomartus 138.
Anthracopalaemon 126. 127.
Anthracosaurus 132.
Anthracosia 135.
Anthracotherium 321. 347. 364. 370. 376. 377. 410.
magnum 346. 348.
Anthropoiden 332.
Anthropopithecus sivalensis 335.
— troglodytes 335.
Antiklinale 491. 505.
Antillen 412. 415. 416. 482. 544.
Antilocapra americana 349. 352.
Antilopen 331. 345. 350—353. 379. 394. 410. 411. 449.
Antimon 634.
Antimonglanz 634.
Antimonnickelglanz 623.
Antipleura 70. 78.
Antrim 415.
Antwerpen 387.
Äolische Massen 418.
— Theorie 442.
Apatit 657. 658.
Apatornis 288.
Apenninen 207. 292. 303. 367. 437. 455. 483. 486.
Apfelgebirge 457.
Apiocrinus 211. 214.
Aepiornis 469.
Appalachen, s. Alleghanygebirge.
Apscheron 582. 586.
Aptien 270. 292.
Aptychus 218. 254.
— lamellosus 221.
Apuanische Alpen 651.
Aquamarin 644.
Aquitanische Säugetierfauna 376.
— Stufe 364. 370.
Arabien 302. 332. 367. 397. 527.
Arabisches Meer 532.
Arachniden 137.
Arakan 482. 535. 536.
Aralia 271. 272. 274.
— proxima 273.
Araliaephyllum 272. 273.
— obtusilobum 273.
Aralsee 312. 393. 395. 397. 399. 458. 526. 555.
Araneiden 138.
Aran Mowddwy 91.
Aranyospátak 507.
Ararat 531.
Araucaroxylon 146.
Araukanische Formation 413.
Araxes 170. 203.
Arca 78.
Arcestes 190.
— intuslabiatus 191.
Archäische Periode 5.
Archaeocalamites radiatus 140. 153.
Archaeocidaris 123.
Archaeocyathus 51.
Archaeopteryx 237—239. 288.
Archaeoscyphia 51.
Archaeotherium 347.
Archegosaurus 131. 132.
— Decheni 130. 131. 167.
Arctocyon 326. 373.
Arctostaphylos uva ursi 427. 436.
Ardennen 99. 113. 264. 516. 517. 522. 657.
Arendal 628.
Arenig-Gruppe 90.
Arethusina 84.
Argentinien 41. 295. 371. 411. 463. 544. 664.
Argentit 602.
Argiope 74.
Argonauta 80.
Arietites 218. 245.
— Bucklandi 207. 246.
— obtusus 207.
— raricostatus 207.
— spiratissimus 244. 245.
Aristolochia 274.
Aristosuchus 237.
Aristozoe regina 86.
Arizona 39. 156. 184. 479. 593. 595. 609.
Arkansas 295.
Arktische Fauna 453.
— Flora 436.
Arktisches Meer 385. 458.
Armenien 303. 388. 393. 531.
Armfüßer 33. 39. 45.
Armorikanisches Gebirge 518. 523.
Arnioceltites 218.
Arnothal 402. 406.
Arpad 400.
Arran 520.
Arrecifes 358.
Arsen 634. 635.
Arsenikkies 635.
Arsennickelglanz 623.
Artern 548. 552. 558.
Arthropoden 83.
Articulaten 68.
Artinsk 155. 170.

Digitized by Google

Artiodaktylier 316. 336.
Artocarpus 272.
— Dicksoni 273.
Arva 502. 505.
Arve 490.
Arvegletscher 422.
Asaphus 42. 75. 84. 90. 91. 95.
— Kovalevskyi 43.
— peltastes 75.
Åsar 433. 434.
Asbest 661.
Ascoceras 74. 83.
Ashland (Alabama) 622.
Asiago 31.
Asiatische Kettengebirge 530—537.
Asiens abflußlose Seen 555.
Asowsches Meer 392. 399. 525.
Asphalt 579. 583. 585. 654.
Aspidiopsis 145.
Aspidium 139.
Aspidoceras 243. 248. 257. 258. 282.
— cyclotum 207. 251.
— iphicerum 249.
— perarmatum 207. 251.
Aspidura 192.
Assam 299. 410. 535.
Asseln 86. 126.
Astarte 20. 26.
— borealis 434.
Astartekalke 251.
Astartopis Rosthorni 199.
Asterie (Korund) 643.
Asterien 72.
Asterolepis 111.
Asterophylliten 141. 142.
Asti 311. 396. 402. 411.
Astien 312.
Astrachanische Steppe 203. 525.
Asträen 380.
Asturien 155. 156.
Astylospongia praemorsa 56.
Atakama 603. 609.
Atanesschichten 272.
Athen 334. 400. 405.
Äthiopische Region 528.
Äthiopisches Mittelmeer 262.
Atlantis 49. 51. 89. 119. 414.
Atlant. Ozean 414 ff. 520. 527. 538.
Atlantosaurus 171. 232.
— Beds 295. 301.
— immanis 231.
Atlasgebirge 482. 487. 527.
Ätna 663.
Ätolische Alpen 485.
Atractites 191.
Atrypa 74. 101.
Attika 400. 405. 486.
Aturia Aturi 390.
Ätzkalk 662.
Au 420.
Aube 270.
Aucella 243. 257—259. 292—295.
— mosquensis 257.
Auerochs 450.
Augitporphyr 199.
Aulacoceras 191. 218.
Aulocopium aurantium 56.
Auripigment 635.
Auslenkung 589.
Ausscheidungsflöze 614.
Aussee 549.
Austern 215. 278. 391.
Austin 615.
Australien 8. 27. 41. 157. 160. 161. 207. 259. 260. 262. 294. 313. 314. 370. 411. 456. 468. 469. 529. 530. 537. 576. 596. 613. 621. 622.
Australische Säugetiere 313. 314.
Autun 573.
Auvergne 309. 402. 406. 655.
Avalaberg bei Belgrad 607.
Avanturin 647.
Aveyron 615.
Avicula 78.
— contorta 183. 197. 201.
Aviculopecten 78.
Axishirsch 351.
Aymestrykalk 91.
Ayrshire 92. 591.
Azoren 414. 538.

Bacau 583.
Bachstelzen 379.
Backkohle 565.
Backsteine 654.
Baculites 281. 299. 371.
Baden-Baden 558.
Baden bei Wien 557. 559.
Baden, Großherzogtum 309. 511.
Badener Tegel 14. 391.
Bad Lands 372.
Bagshotschichten 363.
Bahama-Inseln 409. 412.
Bahia 290. 295. 640.
Baibat 582.
Baikalsee 256. 457. 526.
Bakonyer Wald 202. 297. 300. 507.
Baku 582—586.
Balachane-Zapuntsche 582. 583.
Bala-Gruppe 90. 91.
Balan in Siebenbürgen 202.
Balanen 389.
Balchasch-See 458.
Balearen 402. 487.
Bali 536.
Balia Maden 202.
Balkan 202. 243. 437. 482. 530.
Baltavár 400.
Baltische Provinzen 548.
Banat 154. 256. 292. 297. 398. 400. 576. 584. 591. 611.
Banatit 611.
Banka, Insel 621. 622.
Banket Reefs 597.
Banksia 272.
Banksland 384.
Banz 224.
Baphetes 132.
Baramunda 128. 180.
Bardiglio 651.
Barèges 559.
Bären 316. 327. 328. 402. 406. 410. 436. 449. 451. 463. 464. 471.
Bäreninsel 150. 157.
Bärensee-Fluß 382.
Bärentraube 427.
Bärlappgewächse 4. 144. 271. 272.
Barma 482. 535—537. 583. 643. 644.
Barrandocrinus 70.
— sceptrum 63.
Barrêmestufe 291.
Barren grounds 436. 539. 540.
Barrowdale bei Keswick 660.
Barrow-Straße 461.
Barsch 435.
Bartenwale 318. 361. 394.
Bartfeld 558.
Bartonthon 363.
Baryt 603. 662. 663.
Baryumkarbonat 663.
Baryumsulfat 663.
Basalte 415. 513. 515.
Basaltische Stufe 364.
Basel 173. 511.
Basilicata 203. 437. 487.
Baskuntschakssee 555.
Bastei (Sächs. Schweiz) 269. 270.
Bath 247. 559.
Bathonien 221.
Bathstufe 207. 247. 255.
Bätische Kordillere 487.
Baumfarne 24. 33. 113. 142. 150. 171.
Baumstachelschwein 463. 464.
Bausteine und Baustoffe 654. 655.
Bayern 387. 389. 660.
Bayeux 247.
Bayeuxstufe 207.
Bayreuth 173.
Bayrische Alpen 554. 576.
Bayrische Hochebene 420.
Bayrischer Wald 509. 511. 522.
Beauce 364.
Beauchamps 362. 363.
Beaufortschichten 160. 187.
Beauxit 665.
Beechey-Insel 57. 461.
Beintürkis 646.
Beldorf 436.
Belemnitella 282. 296.
— mucronata 281.
Belemnites 172. 191. 218. 282. 292—296. 304.
— Calloviensis 222.
— dilatatus 282. 291.
— excentricus 243. 257. 258.
— giganteus 247.
— Panderianus 257.
Belgard 419.
Belgien 105. 154. 233. 252. 302. 361. 387. 402. 451. 453. 516—518. 523. 571. 619.
Belgrad 392.
Belinurus reginae 83.
Belledonne 488. 505.
Bellenhausen in Hessen 623.
Bellerophon 79. 125.
— cultrijugatus 71.
Bellerophonkalk 155. 170.
Bellsund 381.
Bellumo 499.
Beloceras 117. 190.
— multilobatus 103.
Belodon 180. 181.
Belutschistan 297. 531.

Digitized by Google

Belvedereschotter 400.
Bembridge 375.
Bendzin (Russisch-Polen) 619.
Beneckeia Buchi 178.
— tenuis 175.
Bengalen 366. 367. 529. 576.
Beni Suef 653.
Bensberg 114.
Benzin 585.
Beraun 512.
Berching 509.
Berchtesgaden 194. 549.
Beregh 507.
Beregszasz in Oberungarn 664.
Beresowsk 598.
Berg-Ahorn 425.
Bergen 92. 521.
Bergföhre 425.
Bergkalk 153. 570.
Bergkristall 646.
Bergöl 579.
Bergreichenstein 598.
Bergzabern 630.
Bering-Insel 358.
— -Straße 385. 458. 462. 464.
Berlin 383. 428. 436. 656.
Bermudasinseln 260.
Bern 422.
Bernina-Masse 493.
Bernissart 233.
Bernstein 309. 364—366. 566. 648 bis 650.
Bernsteinfichte 364.
Bernsteininsekten 365. 366.
Berriasstufe 291. 292.
Bersaska 256.
Berwick 518.
Beryll 644.
Bessarabien 395.
Béthune 571.
Beton 654.
Betschwa 502.
Betula nana 436. 458.
Beutellöwe 468. 469.
Beutelmarder 314.
Beutelratten 9. 314. 376.
Beuteltiere 8. 27. 289. 315. 318. 319. 326. 377. 468.
— tertiäre 313—315.
Beutelwolf 326. 327.
Beuthen 614. 619.
Bex 420.
Beyrichia 84. 87.
Bezenet 573.
Bianco chiaro 652.
Bialowiczer Heide 450.
Biber 319. 320. 359. 397. 435. 450.
Biberach 422.
Bieber in Hessen 611.
Bieler Grund 270.
— See 422.
Bienen 137.
Bienenwalde 435.
Bilbao 630.
Bilch 450.
Bildhauereisteine 650.
Bilin 364. 558. 656.
Billiton 621. 622.
Bilobites 37.
Bimsstein 656.
Bingen 516.
Binnenorganismen 21.
Binsen 272.
Birdseyekalk 98.
Birken 272. 380. 381. 425. 435.
Birkenfeld 136.
Birket el Querum 369.
Birmingham 570.
Bisamberg 501.
Bison 406. 463.
Bison europaeus 450.
— priscus 450.
Bismarck-Archipel 483.
Bithynia 403.
— tentaculata 404.
Bittersalz 666.
Bitterwasser 556—558.
Bitumen 583.
Bivalven 77.
Bjelaja 118.
Blackband 566. 625.
Black Hills 39. 258. 264. 541.
Blackivergruppe 98.
Blaculla 225.
Bladen 117. 500.
Blancy 573.
Blastoideen 71. 72. 122. 156.
Blastomeryx 413.
Blatta 134.
— orientalis 137.
Blattina 33. 137. 166.
— abnormis 134.
Blattfüßer 135. 219.
Blaue Erde 365. 649.
Blei 587. 603. 613—618.
Bleiglanz 602. 613.
Bleikarbonat 613.
Bleiphosphat 613.
Bleisulfat 613.
Bleisulfuret 613.
Blende 618.
Blezig 435.
Blockeinschlüsse im Flysch 369.
Blocklehm 429. 430.
Blockschichten in Indien und Südafrika 158—160.
Blois 662.
Blütenpflanzen 24. 146. 271.
Bobak 442.
Bochnia 390. 551.
Bochum 572.
Bockkäfer 220.
Bodensatzbildungen 588.
Bodensee 381. 422.
Bogdoberg 203. 253. 525.
Bogdo-See 555.
Bogheadkohle 565.
Bogoslowsk 118.
Bogschan im Banat 611.
Bohemilla 42.
— stupenda 43.
Böhmen 6. 37. 39—41. 49. 88. 94—97. 99. 113. 115—117. 120. 137. 154. 164. 165. 167. 253. 270. 297. 387. 513—515. 523. 598. 626. 656. 657. 660.
Böhmerwald 437. 507. 509. 512. 522.
Böhmische Masse 264. 296. 364. 487. 511 ff.
Bohnerze 374. 375. 631.
Bojischer Gneis 511.
Bol 662.
Bolbozoe 84.
Bolivien 120. 259. 261. 455. 590. 602. 622. 635.
Bonanza 591. 595.
Bonebedgruppe 179. 182. 183.
Bonn 363. 516. 517.
Bonneville-See 461. 462. 478.
Böotien 403. 486.
Borax 666.
Boraxsee 606. 667.
Bordeaux 311. 367. 369. 387. 388. 392. 396.
Boreja 293.
Bornio 557.
Borneo 299. 332. 367. 369. 482. 483. 537. 635. 643.
Bornholm 431. 576.
Borocalcit 667.
Borsäure 666.
Borsten-Igel 325. 326. 331.
Bort 639. 656.
Borysław 452. 584. 586.
Bos etruscus 354.
— primigenius 425. 450.
— priscus 450.
Bosnien 198. 202. 296. 364. 388. 485. 634.
Bosporus 527.
Boston 461.
Bostrichopus 23. 126.
— antiquus 128.
Botriocidaris 72.
— Pahleni 66.
Botrychium lunaria 143.
Botryopteriden 143.
Bottengrus 429.
Bottnischer Meerbusen 431.
Boulogne 518. 520. 523.
Bozen 199. 497. 500.
Bracheux 362. 373.
Brachiopoden 37. 45—47. 73. 101. 114. 123. 162. 163. 166. 169. 192. 214. 278. 304. 308.
Brackleshamschichten 363.
Brahmaputra 535.
Bramatherium 354. 410.
Branchiosaurus 132. 134.
— amblystomus 133.
Brandenberger Thal 300.
Brandenburg 432.
Brandschiefer 565. 566.
Branisłogebirge 505.
Brasenia purpurea 436.
Braseniopsis 274.
Brasilien 120. 290. 295. 334. 466. 544. 596. 601. 640. 643. 644. 646. 648.
Brasilisch-äthiopisches Festland 262. 265. 471.
Braubach am Rhein 614.
Braunau in Böhmen 167.
Brauneisenstein 625 ff.
Braunit 633.
Braunkohle 149. 364. 415. 562. 564.

Digitized by Google

Braunkohle, basaltische 364.
— böhmische 364. 515.
Braunschweig 174. 297. 431. 442. 583.
Braunstein 633.
Breccien 655.
Bregenz 202.
Bregenzer Wald 491. 494.
Breitmasen 333.
Brennbare Minerale 559 ff.
Brenner 493. 496.
Brentagruppe 500.
Breslau 380.
Bretagne 264. 518. 523. 622.
Brettelkohle 565.
Briançonnais 488. 492. 495.
Bribir 402.
Bridgergruppe 339. 360. 372. 373. 375.
Brighton 266.
Brillantschnitt 637.
Brilon 114. 614.
Bristol 518. 520. 570.
Britische Inseln 88. 559. 560.
Britisch-Kolumbien 298. 300. 592.
Britisch-Nordamerika 540. 541.
Brixlegg 300.
Broad-Arrow-Mine 622.
Brocken 614.
Brod in Slawonien 390. 403.
Bronteus 84. 90. 106.
Brontosaurus 232. 233.
Brontotherium ingens 342.
Brontozoum-Fährten 184. 185.
Brotfruchtbaum 272. 273.
Bruck in Oberbayern 422.
— a. d. Leitha 505.
— a. d. Mur 495. 496.
Brücken-Echse 27. 168.
Brunn am Walde 660.
Brunneck 498. 499.
Brüx 364.
Bryozoen 26. 72. 163. 166. 277. 308. 402.
Buarcos 273.
Buccinіden 280.
Buccinum groenlandicum 434.
— undatum 407. 443.
Buchara 155. 170.
Buchberg 495.
Buchen 271. 272. 380. 381. 454.
Buchensteiner Schichten 201. 202.
Bückeburg 235.
Bückgebirge 507.
Budhaites 203.
Buenos Aires 358.
Büffel 331. 332. 450.
Buffleben 552.
Bukowina 202. 392. 501. 508. 525. 551. 583.
Bulgarien 392. 437.
Bulimus 310.
Bultfontein 640.
Bul Tso 667.
Bundenbach 99.
Bündner Schiefer 495. 496.
Bunodonten 321. 341. 346.
Bunolophodonten 356.
Buntkupfererz 608.
Buntsandstein 173 – 175. 201. 510.
Buochser Horn 491.
Burlingtongruppe 156.
Burra-Burra-Mine 613.
Burrsteine 655.
Burtscheid 557. 559.
Bussaco 273.
Butte in Montana 609.
Buxus sempervirens 426.
Buzey 583.
Bykow, Halbinsel 458.
Bytantei 446.

Cabo de Gata 487.
— de Palos 487.
Cabrières 53. 116.
Cader Idris 91.
Cadibona 370.
Calamin 618.
Calamarien 113. 141. 142. 147. 150.
Calamita 627.
Calamites 157. 168.
— transitionis 140. 153.
Calaveras 468.
Calcaire de Fraßne 120.
Calceola sandalina 99. 114.
Calciferous-Sandstone 98. 153. 155.
Call 614.
Calluna vulgaris 563.
Calomodon 374.
Caltanisetta 663.
Calymene 44. 84. 90. 91.
— senaria 44.
Camarophoria 74.
— Schlotheimi 165.
Cambay, Golf von 410.
Camelus 413.
Camelopardalis 352.
Campeloma 405.
— Pilari 312.
Campiglia Marittima 622.
Campiler Schichten 194.
Camptonotus dispar 236.
Caen 232.
Cancer quadrilobatus 308.
Cancrinus 223.
Candelit 565.
Caniden 328.
Caninen 318.
Canis 413.
Cañon des Colorado 156. 479. 543.
Caenopithecus 375.
Cänotherien 349. 375.
Capitosaurus 179. 181.
Caprotinen 291.
— -Kalk 291. 292.
Capuliden 116. 118. 120.
Capybara 463.
Caracoles 603.
Caradocstufe 51. 91.
Carbonado 639.
Carcharodonten 286.
Cardiganshire 614.
Cardioceras 243. 257.
Cardiola interrupta 79. 90.
Cardita crenata 200.
— Goembeli 196. 198.
Cardita-Schichten 194 –196. 201.
Cardium 398. 403.
Carex 381.
Caerfaigruppe 35. 41.
Carinaten 287. 288.
Carinifex 405.
Carnarvonshire 615.
Carnites floridus 198. 203.
Carnivoren 325. 379.
Carolia 393.
Carolina 412. 657.
Carrara, Marmor von 651. 652.
Carrick 92.
Carson City 468.
Cartagena 615.
Caryocrinus ornatus 65.
Cäsalpinien 271.
Cassianer Schichten 200. 201.
Cassiduliden 275.
Cassiterit 620.
Castel Gomberto 370. 371.
Castoroides 463.
Castrocaro in Toscana 558.
Castro Bireyna 602.
Catania 649.
Catena metallifera 651.
Catskill-Gruppe 120.
Caulopteris 142.
Cavia 467.
Cavicornier 352.
Cebochoerus 375.
Cenoman 270. 271.
Centetes 325. 326. 331.
Cephalaspis 109.
— Lyelli 111.
Cephalopoden 26. 74. 80 – 83. 101. 178. 216 ff. 280. 304. 308.
Ceratiocaris 86. 106. 125.
Ceratites 104. 190. 297.
— antecedens 178.
— binodosus 195. 201.
— nodosus 178.
— Schmidti 179.
— semipartitus 178.
— trinodosus 195. 201.
Ceratodus 109. 110. 128. 130. 180. 196.
— Forsteri 130. 178. 180.
— Sturi 178.
Ceratophyllkalk 93.
Ceratosaurus 235. 236.
Cercal 274.
Cerisin 585.
Cerithium 364. 387. 394.
— margaritaceum 364. 370.
— pictum 395.
— rubiginosum 394. 395.
— vulgatum 391.
Cernay 362. 373.
Cerro de Tamaya 609. 611.
Cerussit 613.
Cervus euryceros 448. 449.
Cestracion 127. 129.
Cetaceen 303. 316. 359. 361.
Cetiosaurus 232.
Cevennen 615.
Ceylon 261. 332. 643. 644. 646. 661.
Chablais 490.
Chaetetes 62.
— radians 60.

Digitized by Google

Chagos 261.
Chalcedon 647.
Chalicotherium 360. 397. 402. 410.
Chalkidike 393.
Challenger-Expedition 9.
Chama 280.
Chambéry 489. 491.
Chamonix 422.
Champlain-See 461. 467. 629.
Chañarcillo 603.
Characeen 271. 291.
Charleroi 571.
Charlotte-Insel 258. 293. 299.
Chartum 527.
Chazbgruppe 98.
Cheirurus 84. 95.
Chemnitz 573.
Chemung-Gruppe 120. 581.
Cherokee Flat 593.
Cherson 361.
Cheffy bei Lyon 612.
Cheſter in England 570.
— in Maſſachuſetts 643.
Chiaro (Marmor) 651.
Chiemſee 423.
Chieſe 498.
Chieti 583.
Chihuahua 622.
Chile 259. 261. 299, 385. 411. 462. 590. 596. 603. 609. 657.
Chiliſalpeter 666.
Chiloſtomen 26. 72. 278. 308.
Chimären 127. 128. 222.
China 41. 119. 156. 157. 262. 265. 380. 397. 399. 404. 411. 440. 442. 530. 537. 548. 560. 579. 595. 622. 643. 653.
Chineſiſcher Löß 440.
Chiracanthus 109.
Chirica 656.
Chirotherium 174. 175.
Chlamydotherium 413. 466.
Chloanthit 623.
Chloritſchiefer 493.
Choco 601.
Chonetes 74. 101.
— uralica 155.
Choristoceras 190. 197.
Choeropotamus 346. 375.
Chriſtiania 591.
Chrom 634.
Chromeiſenſtein 634.
Chromit 634.
Chronologie, geologiſche 8. 12.
Chryſoberyll 643.
Chryſolith 645.
Chryſopras 647.
Chur 202.
Cicilien 893.
Cidaris 192. 212. 215. 275.
— coronata 214.
Cikaden 220.
Cima d'Aſta 497—499.
Cimbriſche Halbinſel 432.
Cipitkalke 201.
Cipolin 650. 651.
Cirin 656.
Cirripedier 84. 85. 87. 219.
Citrin 644. 647.
Cladiscites 190.
Cladodus 106. 127.
— Fyleri 108.
Clausilia 310.
Clear-See 606. 667.
Clermont 615.
Clevelandſchiefer 106.
Clidastes 283.
Cliftondiſtrikt 609.
Clintongruppe 98.
Clydebaſſin 571.
Clymenia 105. 107. 115. 120.
— binodosa 107.
— paradoxa 107.
— undulata 103. 107.
Clypeaster 276. 307. 391.
— aegyptiacus 307.
— grandiflorus 306.
Clypeus Trigeri 217.
Coalbrook Dale 570.
Coal measures 153. 571.
Coaſt Range 372. 543.
Cobar-Kupfermine 613.
Coccocrinus 68.
— rosaceus 100.
Coccosteus 108. 109. 111.
Cochlearia carinata 200.
Cochliodonten 127. 129.
Cochloceras 190.
Coculites 382.
Codonaster 71. 122. 123.
Colcha, Peru 665.
Cölenteraten 55. 306.
Cölestin 662.
Colorado (Fluß) 156. 170. 479. 543.
— (Staat) 156. 170. 287. 298. 309. 316. 372. 373. 412. 541. 593. 595. 616. 617.
Colossochelys Atlas 410.
Columbus Marſh (Salzſumpf) 667.
Coelurus 237.
Colymbus 288.
— torquatus 286.
Comanche series 294.
Comatula 211.
Comelico 500.
Comer See 191.
Commentry 154. 573.
Compsognathus 236. 237.
Comſtockgang 591. 593—595. 606.
Concud 396.
Condylarthra 324. 337. 339. 373. 374. 467.
Congeria 398. 403.
— Czizeki 398.
— spatulata 398.
— subglobosa 398.
Connecticutſandſtein 184. 539.
Coniſtonkalk 92.
Conocardium 125.
Conocephalus 37.
Conodonten 67. 72.
Coenograptus gracilis 61.
Conſeguina 536.
Conularia 46. 72. 79. 80. 159. 191.
Conularia laevigata 159. 161.
— tenuistriata 159.
Conus 394. 402.
Cooſaſchiefer 39. 41.
Copepoden 21.
Copiapó 603. 609.
Copper Mountain 609.
Corallien 10.
Coralline Crag 402. 407.
Corbicula-Schichten 387.
Corbières 484.
Corbis Mellingi 198.
Cordaicarpus 146.
Cordaites 144. 146.
Cordierit 646.
Cordona in Katalonien 549.
Corniferous-Gruppe 581.
Cornulites 68. 72.
Cornus 381.
Cornwallis 518. 523. 612. 615. 621. 629. 635.
Cornwallis-Inſel 461.
Corrida colorado 603.
Corſica 391. 443. 483. 486.
Coryphodon 317. 337—339. 354. 372. 374.
Coſinaſchichten 301. 368.
Cosmoceras 248.
— ferrugineum 255.
— Jason 207. 248.
Coſtarica 544.
Costidiscus 291.
Cottonwood 602.
Cottswoldhügel 520.
Crag 311. 396. 402. 406. 407. 435.
Crania 215.
Cratopleura 436. 454.
Crednerien 271.
Creodonten 325. 326. 330. 338. 373. 374. 376. 377.
Crescent bei Alta 602.
Cricetus phaeus 442.
Crinoiden 46. 209—211. 248. 275. 304.
Crioceras 293. 294.
— Duvali 291.
— Roemeri 281.
Croda Grande 198.
Cromer 435. 453.
Croſara 370. 371.
Crotalocrinus 70.
— pulcher 63.
Cruſſol 251.
Cruſtaceen 308.
Cruziana 37.
Cryptoprocta 329. 331.
Cſiklowa 611.
Ctenacodon 240.
Cuba 409. 413.
Cucullaea 78.
Cuiſe 362.
Culſageegrube Nordcarolinas 643.
Cumberland 92. 571. 614. 660.
Cupressocrinus 101.
— abbreviatus 100.
— inflatus 100.
Cuprit 608.
Curtodonten 240.
Cutch 207. 259. 261. 262. 265.

Digitized by Google

Cyanit 646.
Cyathaspis 110.
Cyathocrinus 70. 101. 166.
— malvaceus 63.
— ramosus 63.
Cyathophyllum 61.
Cyclolithes 275. 276.
Cyclolobus Oldhami 169.
Cyclophthalmus senior 136.
Cyclostoma bisulcatum 311.
Cykadeen 143. 146.
Cykladische Inseln 408. 486. 650.
Cyklostomen (Bryozoen) 26. 72. 112. 278. 308.
Cyklostomiden (Schnecken) 310. 311.
Cymopolien 193.
Cynodictis 328.
Cynodon 326. 328.
Cynodraco 186.
Cynognathus 188. 330.
Cypern 388. 405. 407. 531. 662.
Cyperus 381.
Cypraea 394.
Cypressen 271. 381.
Cypridinenschichten 115. 120.
Cyprina 26.
— islandica 407. 434. 443.
Cyrena 290. 310. 364.
— fluminalis 452.
— semistriata 370.
Cyrtoceras 82. 101. 125.
— fugax 104.
Cystideen 46. 66. 70—72.
Cystiphyllum 61.
Cystosoma Neptuni 50.
Cytoblastus 71.
Czarna Gura 439.
Czeladz 619.
Czerwenitza, Oberungarn 646.
Czorsityn 503.

Dachse 328. 410. 451.
Dachschiefer 368. 655.
Dachsteingebirge 192. 196—198. 201. 495.
Dagö 524.
Dakota 258. 264. 298. 412. 541. 595.
Dakotagruppe 272. 273. 540.
Daktyloporen 193.
Dalekarlien 93.
Dalmanites 84. 95. 106.
Dalmatien 202. 296. 301. 368—370. 388. 404. 406. 451. 485. 501. 555.
Dalmatinische Inseln 283.
Damhirsch 435. 449.
Damudaschichten 158. 159. 185.
Dänemark 297. 361. 431. 434. 454. 517.
Danien 270. 299.
Dannbrf 431.
Dannemora 627.
Danzig 450.
Daonella 191.
— Lommeli 193.
Dapedius 221.
Dardanellen 443. 527.
Dasyuriden 314. 377.
Dauphiné 574.
Davis-Straße 460.
Dean, Forest of 570.
Débruge 375.
Deckenschotter 424.
Deep placers 593.
Deep-River-Beds 413.
Deesackna 552.
Degerloch 182.
Degernfors in Schweden 656.
Deiphon 84.
— Forbesi 77.
Deister 252. 289. 515. 516.
Dekapoden 126. 127. 218.
Dekhan 261. 297. 576.
Dekhantrapp 530.
Delemont 489.
Delphine 135. 316. 318. 319. 361. 394. 435.
Demawend 531.
Demantspat 643.
Dembowitza 583.
Demidowscher Grubenbezirk 629.
Dentin 318.
Deppach 660.
Dera Puga 667.
Derbent 582.
Derby 549.
Derbyshire 570. 615.
Dernbach 614.
Dernö 202.
Desert Lake 665.
Deszendenztheorie 14. 15. 374.
Deutsch-Bleiberg 614.
Devon, böhmisches 115—117. 150.
Devonfauna 99—113.
Devonflora 113.
Devonformation 5. 6. 33. 99. 120.
— amerikanische 60. 120.
— in Böhmen 95. 115—117. 120.
— in den Alpen 117. 120.
— in Großbritannien 118. 119.
— rheinische 42. 43. 60. 113—115.
Devonshire 523.
Diabaseruptionen 95.
Diademodon 188.
Diamant 639—643.
Diamantbort 638.
Diamantina 640.
Diamond-Kette 617.
Diatomeenerde 10. 656.
Diceras 216. 280.
Diceratherium 343.
Dicerocardium 534. 535.
Dichobunen 349. 351. 375.
Dichroismus 637.
Dickenwachstum 141. 142.
Dickhäuter 336.
Dicotyles 323. 324. 347. 463. 465.
Dicroceras 352. 413.
Dictyonema 37. 41. 62.
— cervicorne 61.
— flabelliformis 36.
— -Schiefer 38. 41.
Dicynodon 186. 188.
Didelphys 314. 377.
— Parisiensis 315.
Didymograptus pennatulus 61.
Diebenhofen 246.
Dienten 97.
Dieuze 180.
Dikotyledonen 272. 274.
Dillenburg in Nassau 115. 611.
Diluvialeis in Nordamerika 459.
Diluvialfauna Amerikas 462 ff.
Diluvialterrassen 439.
Diluvialtorf 436.
Diluvium 5. 21. 25. 27. 301. 330. 417—479.
— alpines 421—427.
— außereuropäisches 457—472.
Dimorphoceras Gilbertsoni 105.
Dinarische Ketten 485. 500.
Dinarites 190.
Dingo 314. 468.
Dinichthys 111.
Dinoceras 319. 339—341. 372. 375.
— mirabile 339.
Dinornis 27. 469. 470.
— elephantopus 469.
Dinosaurier 171. 185. 187. 229. 231—237. 284. 303. 377.
Dinotherium 321. 330. 354—356. 378. 397. 402. 410.
— giganteum 352. 356.
Dionide 78. 84.
— formosa 78.
Diorit 653.
Diospyrus 382.
Diplacodon 343.
Diplarthra 336.
Diplodocus 232. 234.
Diplograptus 61. 62.
Diplopterus 109.
Diplopus 323.
Diprotodon 314. 468. 469.
Dipterus 109. 129.
— Valenciennesi 110.
Discina 46. 49. 215.
Disco 624.
Discoidea 275. 307.
Disthen 646.
Djoliba 597.
Djulfa 155. 170. 203.
Djumbir 439.
Dnjepr 421. 428. 508. 525.
Dnjestr 88. 94. 253. 525.
Dobbertin 220.
Dobrudscha 202. 259.
Dobschau, Oberungarn 623.
Doedicurus 466.
Dogger 207. 246. 247.
Dognacska 611.
Dôle 487.
Dolichosoma 131.
Dollart-Marschen 563.
Dolomit 151. 656. 662.
Dolomit-Asche 163.
Dolomitregion in Südtirol 11. 191. 199—201. 499. 500.
Dombrowa 154. 573.
Don 260. 525.
Donau 393. 397. 440. 478. 505—509.
Donez 155. 253. 259. 526.
Donezsches Kohlenbecken 508. 574.
Donnerkeile 218.
Dopplerit 566.
Dora 422.

Digitized by Google

Dorcatherium 410
Dordogne 523.
Dornstein 555.
Dorsetshire 519.
Dortmund 571
Douai 571.
Dover 266.
Drau 499. 423.
Drazänen 146.
Drei-Prinzen-Spatgang bei Freiberg 590.
Dreissenomya aperta 398.
— Schröckingeri 398.
Drei Zinnen 500.
Dresden 133. 167.
Dreyssensia polymorpha 399. 435.
Drifttheorie 420. 421. 428.
Drohobycz 558.
Dromaeus 469.
Dromatherium 189.
— silvestre 188.
Dromedare 349.
Drumlins 460.
Dryas 456.
— octopetala 427. 436.
Dryopithecus 334.
— Fontani 333.
Dschebel Dokhan 653.
Dschiggetai 442. 448.
Dubletten 638.
Dudleyplatten 91. 92.
Dugong 358.
Duisburg 571. 572.
Dun 410.
Dunajec 437. 503.
Dungmittel, mineralische 656 ff.
Durango 602. 622.
Durham 571.
Dürnberg bei Hallein 548.
Durnetzkalk 92.
Dürnten 425.
Düsseldorf 516.
Du Toits Pan 640.
Dux 364.
Dwykakonglomerate 160.
Dyas 162 ff.
Dynamo-Metamorphose 117.
Dysasteriden 214. 275.
Dysodil 564.
Dzwieniasz 584.

East Huel Lovell 621.
Easton 459.
Eaux-Bonnes 559.
Ebro 203.
Eccaschichten 160. 529.
Eccyliopterus alatus 71.
Echidna 313.
Echinanthus 307.
— scutella 305.
Echinobrissus clunicularis 217.
Echinodermen 23. 64 ff. 209.
Echinoiden 123. 209. 213.
Echinolampas 307.
Echinonier 275.
Echinosphaerites aurantium 65.
Ecuador 544.
Edelhirsch 351. 435. 449. 459.
Edelkoralle 57.
Edelmarder 435. 451.
Edelmetall, Weltproduktion von 601.
Edelsteine 636—650.
— ersten Ranges 639—645.
— Farben der 637.
— Fassung der 638.
— Schliffformen der 637.
— Verfälschungen der 638. 640.
— zweiten Ranges 645. 646.
Edentaten 316—319. 359. 376. 377. 409. 413. 463—465.
Edinburg 520.
Edle Säulen 591.
Egeln 552.
Eger 364. 656.
Egerlingen 374. 375.
Eggenburg 389.
Ehrenfriedersdorf 621.
Eibenbäume 381. 425. 435.
Eibenstock 656. 621.
Eichen 271. 272. 380—382. 425. 435. 436. 454.
Eichhörnchen 316. 320. 359. 413. 435. 450.
Eichstätt 238. 239. 509.
Eidechsen 129. 171. 229. 303.
Eifel 59. 99—101. 113—115. 303. 516. 517. 557.
Eilsen 559.
Eimbeckhäuser Plattenkalk 251.
Eintagsfliegen 137. 220.
Eisackthal 199.
Eisberge 421.
Eisen 587. 618. 624—633.
— gediegen 624.
Eisenerz 97. 117. 626—633.
— phosphorhaltiges 631. 633.
Eisenerzflöze 625.
Eisenerzgänge 630.
Eisenerzlager 626—631.
Eisenglanz 625.
Eisenglimmer 625.
Eisenhut 493. 574.
Eisenkarbonat 566.
Eisenkies 566.
Eisenocker 662.
Eisenrosen 625.
Eisensäuerlinge 558.
Eisenseifen 631.
Eisenspat 625.
Eisenwasser 557. 559.
Eiserner Hut 590. 602. 627.
Eisfuchs 451. 453. 459.
Eismeer 458. 524. 525.
Eisspat 665.
Eisthaler Turm 506.
Eiszeit 25. 94. 161. 165. 303. 386. 407. 411. 420—422. 455—457.
Eiszeiten, Zahl der 453.
Eiszeit, Ursachen der 472—476.
Elasmotherien 330. 447. 448.
Elatobranchier 77.
Elba 486. 627.
Elbe 440. 513. 515.
Elbersreuth 97.
Elbingerode 115.
Elburzgebirge 530. 531. 576.
Elch 425. 449.
Elefanten 9. 25. 316. 317. 320—322. 330—332. 336. 354. 357. 377. 409. 410. 444. 446. 467. 471.
Elektrum 364.
Elentier 449. 452.
Elephas africanus 356.
— americanus 463.
— antiquus 425. 435. 444. 446. 453.
— Clifti 354.
— Falconeri 446.
— Ganesa 354. 357.
— indicus 354.
— insignis 354.
— melitensis 446.
— meridionalis 406. 407. 435. 444. 446. 448. 453.
— Mnaidriensis 446.
— planifrons 354.
— primigenius 356. 435. 436. 444. 446.
Eleutherobranchia 73.
Elfenbein, fossiles 444.
Elk Mountains 542.
Ellipsactinienkalke 292.
Elobi 298. 529.
Elotherium 321. 323. 324. 347. 375. 376. 412.
Elsaß 153. 583. 584.
Elster 558.
Eltonsee 555.
Emanationshypothese 584.
Ems 557. 558. 614.
Emu 8. 469.
Enaliosaurier 227. 371.
Encrinus 176. 177. 192.
— liliiformis 176.
Endmoränen 421. 433. 460.
Endoceras 82. 90. 93.
— duplex 76.
— longissimum 76.
Engadin 493.
England 35. 105. 113. 165. 251. 270. 297. 443. 452. 518—520. 548. 578. 612. 614.
Enniskillen in Kanada 580.
Ennsthal 196. 423. 495. 496.
Entelodon 323. 324. 347.
Enten 379.
Entomostraca 87.
Entrerios 371.
Entstehung der Erzlagerstätten 588.
— der Gangfüllungen 590.
— der Kohle 560 ff.
— der Mineralquellen 556.
— der Salzlager 548.
— des Erdöls 584.
Eocän 301. 302. 311—313. 361—363. 366—368. 370.
Eohippus 342. 344.
Eophrynus Prestwichi 137. 138.
Eophyton 37. 38. 41.
Eozoon 539.
Epernay 362.
Eperies 505. 507.
Epheu 25. 271.
Epidot 646.
Epihippus 344.
Epinac 573.
Epinal in Frankreich 652.

Digitized by Google

Epirus 485.
Eppelsheim 334. 352. 355. 396. 397.
Epsom 558. 666.
Epsomit 666.
Equus 344. 345. 413.
— -Beds 413.
— hemionus fossilis 448.
Erbray 116.
Erbsenstein 653.
Erdbahn, Exzentrizität der 474.
Erden 635. 636. 658—662.
Erdferkel 9. 332. 360.
Erdharz 566.
Erdinneres als Urheimat der schwersten Metalle 587.
Erdöl 579. 584 ff.
Erdpech 583.
Erdwachs 566. 579. 584—586.
Erdwolf 9.
Erethizon dorsatum 463. 464.
Erfurt 552.
Erica tetralix 563.
Ericaceen 386.
Erlen 380. 381. 435. 436. 454.
Erlenbach 419.
Ernstbrunn 501. 502.
Erratische Blöcke 419. 428.
Eruptivgesteine im Perm 162.
— silurische 91.
— tertiäre 303.
Eruptivmassen in der Dolomitregion 199.
Ervilia podolica 395.
Eryma 224.
Eryon 224.
Erzberg von Eisenerz 626. 628.
Erze 587 ff.
Erzgänge 588.
Erzgebirge 428. 431. 512 ff. 522. 523. 620. 630. 635.
Erzlagerstätten 588 ff.
Erznester und Erznieren 588.
Escardines 73.
Eschweiler 516.
Esino 191. 200. 201.
Eski-Sher in Kleinasien 653.
Espedalen 623.
Essen 571. 572.
Essex 519.
Este 500.
Esterel 484. 485.
Estheria minuta 179.
Esthland 431. 432. 436. 524.
Esthonyx 374.
Estremadura 658.
Etagen 6. 16. 626.
Etsch 199. 422. 498—500.
Etta Mine 622.
Euböa 403. 486. 650.
Eucalyptocrinus 101.
— rosaceus 100.
Eucrinurus 91.
Euechinoiden 172.
Euganeen 498.
Eugeniacrinen 211.
Eugereon Boeckingi 136. 137.
Euklas 646.
Eule 598.
Euodontoceten 361.
Euomphalopterus alatus 71.
Euomphalus 79. 125.
Eupleres 326. 331.
Eureka Mine 616.
— Distrikt in Nevada 617.
Europas Gebirge 483—526.
Eurypterus 79. 84. 85. 106. 118. 135.
— Fischeri 80. 524.
Exzentrizität der Erdbahn 474.
Exogyra 216. 278.
— columba 278.
— virgula 251.

Faciesverschiedenheiten 10. 11.
Fahlbänder 605. 623.
Fahlerz 602. 606.
Fährten im Buntsandstein 174. 175.
— im Connecticutsandstein 184.
— im Solnhofner Schiefer 252.
Faihingen 558.
Falkenau 364.
Falkenstein 501.
Falklandinseln 120. 529.
Faltengebirge 154. 155. 480.
Falun 612.
Faluns 311. 387. 388. 392.
Fanes-Gebirge 500.
Farberden 658.
Farnkräuter 4. 140. 142. 143. 157. 168. 174. 272.
Färöer 302. 303. 415. 521.
Fascinella 301.
Faserkohle 565.
Faultiere 8. 316. 317. 320. 359. 360. 376. 377. 465.
Favia 380.
Favosites 61. 62.
— gotlandicus 60.
Faxe, Kalke von 299.
Feigenbäume 380.
Feildenia 381.
Feldgeologie 29. 30.
Feldmäuse 435. 442. 450. 453.
Feldspat 648.
Felis antiqua 451.
— spelaea 451.
— protopanther 464.
Felsasee 439.
Felsengebirge 39. 462.
Felsinotherium 358.
Felsö-Bánya 599.
Fenestella 166.
— retiformis 164.
Ferromangan 634.
Festiniogruppe 36.
Festland, brasilisch-äthiopisches 262. 265. 295. 296.
— chinesisch-amerikanisches 404.
— chinesisch-australisches 262. 265.
— nearktisches 262. 274. 295. 296.
— nordatlantisches 415.
Festländer, alte 28. 136.
Festoninseln 409. 482. 537.
Feuer, ewige 580.
— heilige 583.
Feuerland 150. 456. 462. 529. 544.
Feueropal 648.
Feuersteine 439. 454.
Feuersteinknollen in der Kreide 268.
Ficarazzi 443.
Fieste 381. 425. 435. 436.
Fichtelgebirge 40. 97. 512. 515. 522. 660.
Ficus 272.
Fidschi-Inseln 536.
Fieberklee 425. 435.
Fifeshire 571.
Finmarken 430.
Finnischer Meerbusen 524.
Finnland 431. 433. 508. 524. 622. 648.
Finnwal 435.
Finsteraarhornmasse 422. 489. 492. 505.
Firnlinie, eiszeitliche 455 ff.
Fische 33. 83. 87. 106. 162. 221. 368. 394.
— der Kohlenformation 127—129.
Fischottern 410. 451.
Fischzähne 72.
Fish Lake Valley 667.
Flamingo 379.
Flammkohle 565.
Flat placers 593.
Fleckenkalke 290.
Fleckenmergel 255.
Fledermäuse 8. 314. 316. 317. 322. 325. 331. 375. 376. 452. 468.
Fleischfresser 314.
Flexuren 497.
Fliegen 136. 220. 309.
Flintshire 570.
Flohkrebse 125.
Florentiner, Diamant 641. 642.
Flores 536.
Florfliegen 309.
Florida 372. 412. 539.
Floriffant 309.
Flösselhecht 107. 109. 129.
Flöze 567. 625.
Flugsaurier 182. 287. 303.
Fluorit 662.
Flußkrebs 218.
Flußmuscheln 310.
Flußpferde 9. 323. 330. 331. 336. 346. 347. 406. 410. 467.
Flußspat 662.
Fluthypothese 420.
Flysch 369. 491. 494. 501. 535.
Föhn 472.
Föhren 381. 425. 435. 436. 454.
Folliculites 436. 454.
Fontainebleau 363.
Foraminiferen 22. 23. 37. 47. 208. 267. 305. 402.
— der Kohlenformation 121.
— silurische 51—54.
Fordilla Troyana 49.
Forellen 106.
Forestbed 435. 444. 453.
Forez 615.
Formationen, geologische 4—7. 18.
Formenreihen 15. 16.
Forth, Firth of 571.
Fossarulus 405.
— sinensis 404.

Digitized by Google

Fossarulus tricarinatus 404.
Fossile Baumstämme 561. 562.
— Brennstoffe 559.
— Regentropfen 175. 185.
— Seifen 597.
Fossilreste 21—23.
Franken 174. 205. 221. 222. 251. 451. 509. 510. 656. 657.
Frankenberg in Kurhessen 611.
Frankenwald 164. 515. 522. 524.
Frankfurt a. M. 173. 387. 511.
Frankreich 98. 154. 251. 270. 437. 451. 452. 454. 507. 509. 516. 523. 557. 571. 573. 612. 615.
Franzensbad 558. 656.
Franz-Joseph-Land 258. 526.
Frattura periadriatica 499. 500.
Freiberg in Sachsen 603. 604. 614.
Freiburger Alpen 422. 490.
Freiwaldau in Schlesien 599.
Fréjus 484.
Frenelopsis 271.
Fresnillo 602.
Friaul 198.
Friedensville in Pennsylvanien 615.
Friedrichshall 549.
Friesach 626.
Friesische Inseln 366. 387.
Frisches Haff 434.
Frisco 602.
Frösche 129. 400.
Froschlöffelkraut 381.
Frühlingsfliegen 309.
Fuchs 25. 435. 451.
Fukoidensandstein 37. 41.
Fünen 419.
Fünfkirchen 256. 507. 566. 576.
Fürstenwald 419.
Fusiden 280.
Fusulina 121. 155. 156.
— cylindrica 122.
Fusulinella 121.
Fusus 391.
— contrarius 443.
Fuß, Bau 322 ff.

Gabelbock 349. 352.
Gabelhirsch 349. 352.
Gabelweih 379.
Gagat 650.
Gail 198. 423. 499.
Gailenreuther Höhle 451.
Gainfahrn 391.
Galapagos-Inseln 452.
Galecynus 413.
Galenadistrikt 616.
Galenit 613.
Galerites 275.
Galeropygus agaricoides 217.
Galesaurus 186.
Galizien 88. 388. 391. 395. 431. 502. 503. 508. 525. 549. 550. 579. 583. 584. 586. 622.
Galmei 618.
Gammarus 125.
Gampsonychus 166.
Gangamopteris 157.
— cyclopteroides 158.
Gänge 588 ff.
Gänge, edle 603.
— einfache 590.
— Oberflächenveränderung der 590.
Ganges 527. 532.
Gangesgavial 228.
Gangfüllung 588—590.
Ganggestein 590.
Gangkreuz 589.
Gangscharung 589.
Gangspalte 589.
Ganggzerschlagung 589.
Ganggzertrümmerung 589.
Ganoiden 33. 87. 106—109. 127. 166. 174. 221. 282.
Gard 375. 612. 615.
Garda-See 500.
Garnierit 623. 624.
Garonne 518. 599.
Gars 423.
Gaskohle 564. 565.
Gaspé in Kanada 580.
Gastein 557. 559.
Gastropoden 75. 191.
Gauderndorf 389.
Gault 270. 271. 274. 292. 294.
Gaurisankar 534.
Gavarnie 437.
Gazellen 352. 397.
Gazolin 585.
Gebel Zeit 663.
Gebirge der Erde 480 ff.
Gebirgsbildung, Alter der 522.
— der Tertiärzeit 303.
Gebiß der Säugetiere 318—322.
Gedinnien (Devon) 120.
Geest, Ostfriesische 563.
Gefleborgs-Län 627.
Gehirn der Säugetiere 316. 317.
Geistlicher Berg 126. 128.
Gelberde 662.
Gelenkschiefer 639.
Gellivara in Norbotten 627.
Gelocus 351. 375.
Gemmen 636. 648.
Gemona 500.
Gemse 449.
Genfer See 420. 422.
Geographie, physische, der alten Formationen 18. 24.
Geologie, historische 3 ff.
— Karten 31. 32.
— topographische 480.
— Zeiträume der 476—479.
Georgia 298. 412. 538.
Georgiagruppe 39. 41.
Gephyreenkiefer 72.
Gera 162. 164.
Geradflügler 88. 137. 220.
Geras 660.
Gerlsdorfer Spitze 506.
Gerolstein 114. 173.
Gers, Departement 353.
Gersdorffit 623.
Gervillia ceratophaga 165. 166.
— praecursor 183.
— socialis 177.
Gesäuse 495.
Geschichte der Erdölgewinnung 579.
— der nutzbaren Minerale 545. 546.
Geschichte der Quecksilbergewinnung 605.
Geschichtliches über den Bleibergbau 617.
— über die Eisengewinnung 631.
— über die Goldgewinnung 593 ff.
— über d. Kohlengewinnung 559 ff.
— über die Kupfergewinnung 609.
— über die Salzgewinnung 547.
— über die Zinngewinnung 602. 622.
Geschiebe, gekritzte 421.
— nordische 94. 432.
Geschiebelehm 429. 430. 432.
Geschiebemergel 430.
Geschiebe, Richtung der 432.
Gespenstheuschrecken 33. 135. 137.
Gesteinsbildungen, Aufeinanderfolge der 4.
Geyer 621.
Giaretta 649.
Gibbon 334. 335.
Gibraltar 387. 409. 486.
Gießhübl 558.
Gigantostraca 85. 86.
Ginetzer Schiefer 41.
Gingko adiantoides 382.
— biloba 271.
Gips 174—176. 652. 656. 657.
Giraffen 9. 330. 331. 350. 352. 397. 402. 410.
Girgenti 663.
Gironde 387.
Giswyler Stöcke 491.
Gitschbruch 499.
Gizeh 408.
Glangoriff grit 153.
Glanzkobalt 623.
Glanzkohle 564. 565.
Glanzschiefer 488. 495. 496.
Glarner Alpen 489.
— Doppelfalte 490.
— Schiefer 655.
Glarus 368.
Glasgow 520.
Glaskopf 625.
Glaubersalz 665.
Glauconia 280. 296. 297. 304.
Glazialerscheinungen im Silur 94.
— karbonische 158 ff.
Glazialtheorie 428.
Gleichalterigkeit der Ablagerungen 14.
Gleichenberg 558.
Gleicheniaceen 143.
Gletscher der quartären Zeit 419 ff.
Gletscherschliffe 428.
Gletscherschrammen 421. 431.
Gletscherspuren in Südamerika 462.
Gletschertheorie 420. 428.
Gliederfüßer 83.
Gliederwürmer 72.
Glimmerschiefer 493.
Globigerina 10. 267.
Globigerinenschlamm 268.
Glossopteris 157—161.
— -Flora 157 ff. 529.
— indica 158. 159.
Glyphioceratiden 190.

Digitized by Google

Glyphostomen 275.
Glypticus hieroglyphicus 249.
Glyptodon 413. 466.
Glyptolepis 109.
Glyptostroben 381.
Gneis 432. 492. 493. 511. 512.
Gobi, Wüste 482.
Goderich in Kanada 548.
Gold 587. 591—600.
Goldberg 164.
Gold Hill 594.
Goldlagerstätten 591.
Goldseifen 592.
Goldwäscherei 593.
Golf von Bengalen 532. 535.
— von Genua 483. 486. 487.
— von Iskanderun 531.
— von Korinth 485. 486.
— von Tarent 486.
Golfe du Lion 483—485.
Golfo de Rosas 485.
Golfstrom 152. 472. 473.
Gömörer Komitat 202.
Gomphoceras 83. 90. 101.
Gomphognatus 188.
Gomphodontier 188.
Gondwanaflora 169.
Gondwanaformation 185.
Gondwanasystem 158. 161. 274. 529. 576.
Goniatites 104. 106. 125.
— inexspectatus 120.
— mixolobus 153.
— multilobatus 103.
— sphaericus 153.
Goniogyra armata 200.
Goniophyllum 61.
Gora Blagodat 629. 630.
Gorilla 9. 334.
Görlitz 164. 562.
Görzke 435.
Gosau 198. 275. 280. 284. 296. 300.
Goslarer Schiefer 610.
Gotland 60. 61. 63. 88. 93. 524.
Gottesanbeterin 137.
Gotthardmassiv 488. 492.
Goyaz 596.
Gräberfunde 548.
Gradieren 555.
Grampiangebirge 153. 571.
Gran in Ungarn 507. 558. 577.
Granat 645.
Grand-Gulf-Schichten 412.
Grandes Rousses 488.
Granit 432. 653. 655.
Granitporphyr 162.
Gran Sasso d'Italia 437.
Graphit 34. 562. 570. 660. 661.
Graphitgneis 661.
Graptolithen 36. 46. 61 ff. 92. 93. 96. 99.
Gräser 272.
Graupen 620. 622.
Grauspießglanzerz 634.
Grauwacke 33. 34. 40. 41. 115. 495.
Graz 99. 105. 493. 501.
Great Basin 298.
— Valley 630.
Green Mountains 460.
Green River 339. 372. 378.
Greifenburg 614.
Greifenstein 116.
Grenzdolomit 179.
Grestener Schichten 255. 276.
Grezzoni 651.
Griechenland 403. 437. 530. 634. 650.
Griechischer Archipel 409. 483. 527. 530.
Grinnell-Land 381—384. 540.
Grobkalk, Pariser 362. 368.
Gröbener Sandstein 155. 170.
Grodischter Sandstein 291.
Grönland 18. 24. 258. 264. 272. 290. 381. 382. 384. 385. 415. 421. 428. 436. 460. 521. 540. 624.
Groß-Bornholt 436.
Großer Teich im Riesengebirge 438.
Große Sturmhaube 437.
Großglockner 423. 429.
Großherzog von Toscana, Diamant 642.
Großmogul, Diamant 641. 642.
Großoolith 247.
Großraming 423.
Groß-Reifling 195. 201.
— -Schweidnitz 431.
Grünbleierz 613.
Grunder Schichten 391. 393.
Grundkonglomerate 35. 41.
Grundmoränen 161. 421. 429—432.
Grüne Berge 460.
— Mauer 365.
Grünerde 662.
Grüner Diamant 641. 643.
— Gang 599.
— Sand 365.
Grünsalzkörper 550.
Grünsand 270. 657.
Grünten 494.
Gryllotalpa 88.
Gryphaea 215.
— arcuata 246.
Gryphitenkalk 246.
Gryphosaurus 237.
Gschelstufe 155.
Guadalquivir 387. 402.
Guadelupe-y-Calvo 602.
Guanajuato 602.
Guano 658.
Guaranitische Formation 300. 371. 376.
Guernsey 518.
Gulo borealis 451.
— luscus 451.
— spelaeus 451.
Gumung Gelungung 536.
Gürtel, homoiozoische 9. 28.
Gürteltiere 8. 316—319. 360. 376. 377. 465. 466.
Gutensteiner Kalke 195. 201.
Gymnospermen 146.
Gyroceras 101. 125.
Gyroporella 193. 195.

Haag 423.
Habachthal, Salzburg 644.
Hafnerluden 660.
Hagengebirge 495.
Haifische 33. 87. 106. 167.
Haifischzähne 127.
Hainbuche 436.
Hainburger Berge 505.
Haiti 596.
Halbaffen 9. 316. 317. 319. 322. 325. 331. 332. 375.
Halbedelsteine 646—650.
Halbflügler 220.
Halbmondzähner 346.
Halicore 358.
Halitherium 358. 375.
Hall in Oberösterreich 558.
Halle an der Saale 173. 363. 431. 547. 558.
Hallein 255. 548. 549.
Hallstatt 545. 548.
Hallstätter Kalke 191. 197. 198. 201.
Halobia 191.
— Lommeli 195.
— rugosa 196. 198.
Halorella 197. 203.
Halorites-Beds 203.
Halsbandlemming 27. 450. 453. 456.
Halysites 62.
— catenularia 60.
Hämatit 624. 625.
Hamburg 515. 553
Hamburg-Kalk 39.
Hamiltongruppe 120. 581.
Hamites 281. 294.
Hammaden 367.
Hammersheim 549.
Hammerzähne 328.
Hampshire 362. 363. 519.
Hamster 442. 450. 453.
Hamulina 291.
Hannover 174. 221. 229. 252. 289. 297. 583. 584.
Hapaliden 333.
Haploceras 243. 254. 256. 282.
Hardinghen 571.
Hardt 510. 511.
Häring in Tirol 577.
Harkany 559.
Harlechgruppe 35. 41.
Harpes 84.
Harpoceras 218. 282.
— bifrons 207. 246.
— Murchisonae 207. 256.
— opolinum 207. 247. 256.
— radians 245.
— Sowerbyi 207.
Hartit 566.
Harz 6. 99. 105. 153. 162. 164. 431. 437. 515. 522. 524. 655.
Haselgebirge 554.
Haselnuß 381. 425. 435. 436.
Hasen 316. 359. 413. 453.
Hatchettin 566.
Hatteria 27. 168.
Haubentaucher 286. 288.
Hauptdolomit 196. 201.
Hauptkieselschiefer 115.
Hauptmuschelkalk 176.
Hauptnummulitenkalk 368.
Haushund 319.
Hausmannit 633.

Digitized by Google

Haute-Garonne 333.
Hauterivestufe 291.
Hautflügler 137.
Hawksbury-Schichten 157.
Hebriden 51. 415. 520. 522. 536.
Hechte 106. 435.
Hedera 272.
Hegyallya 507.
Heidelbeeren 380. 435.
Heidelberg 164. 174. 597.
Heidetorf 563.
Heilbronn 558.
Heilquellen 558.
Heinrichshall 548.
Helderbergstufe 46. 120.
Helgeland 612.
Heliolithes 62.
— porosus 59.
Heliopora 62.
— coerulea 59.
— Partschi 59.
Heliosoma Roemeri 53.
Heliotrop 647.
Helix 310.
— hispida 440.
Helladotherium 352. 397.
— Duvernoyi 348.
Helodus 127.
Hemiaspis limuloides 83.
Hemiaster cavernosus 306. 307.
Hemicidaris 212. 216.
Hemifusulina 121.
Hemimorphit 618.
Hemipneustes 276.
Hengstererben 621.
Henry Mountains 542.
Herborn 23. 126. 128.
Hercynfauna 116. 118.
Hercynkalke 115. 120.
Heringe 106. 283.
Hermelin 451.
Hernadfluß 505. 507.
Hernals 394.
Herrengrund in Ungarn 612.
Hersumer Schichten 251.
Herzegowina 296. 388. 485.
Hesperornis 288.
— regalis 285. 286.
Heßberg 174.
Hesselagerstein 419.
Hessen 162. 163.
Hessonit 645.
Heterastridium 192.
Hettingen 246.
Heuschrecken 33. 137. 171.
Heuschreckenbaum 272. 273.
Hexacrinus anaglypticus 100.
Hexakorallien 172. 209. 211.
Hexaktinelliden 55. 56. 209.
Hexaprotodon 347.
Hieflau 300.
Hierlatzfacies 254. 255.
Hildburghausen 174.
Hils 270. 293. 515. 516.
Himalaya 189. 192. 203. 295. 303. 367. 368. 457. 482. 523. 531 ff.
Himbeerstrauch 425.
Hindelang 494.
Hindukusch 192. 482. 523. 531. 532.
Hinterindien 262. 535. 621. 622.
Hipparion 344. 345. 413.
Hippidium 464.
Hippopotamus 323. 324. 347. 435. 453. 471.
— amphibius 347.
— major 347. 406. 407. 448.
— Pentlandi 347. 406. 448.
Hippotherium 343. 344. 396. 397. 401. 410.
Hippurites 279. 297. 299.
— cornu vaccinum 279.
— radiosus 279.
Hirsche 345. 347. 350. 351. 379. 397. 406. 410. 425. 435. 448. 463. 464. 468.
Hispaniola 596.
Hlinik bei Schemnitz 655.
Hochheim 387.
Hochterrassenschotter 425.
Hochwald 113. 516.
Hochwipfelbruch 500.
Höckerzähner 321. 346.
Hodritscher Syenit 599.
Hof in Bayern 40. 523.
Höganäs 576.
Hohenstein 514.
Hohes Venn 113. 516.
Hohe Tatra 437. 438.
Hohlefels, der 451.
Höhlenbären 425. 435. 451. 452.
Höhlenfüllungen 588. 613. 614. 631.
Höhlenhyäne 435. 451.
Höhlenlehme 443.
Hohlhörner 350. 352.
Holaster 276.
Holcodiscus 298.
Holcostephanus 282.
— Astierianus 292.
— Decheni 293.
— fragilis 292.
— gravesiformis 292.
— Keyserlingi 292. 293.
— subditus 292.
— versicolar 293.
Holland 387. 419. 431. 432. 518.
Hollywood 575.
Holopella 191.
Holoptychius 108. 109.
Holopus 211.
Holothurien 64. 66.
Holstein 297. 366. 436.
Holtenia Carpenteri 54.
Holzappel a. d. Lahn 614.
Holzfaser 562.
Holzkirchen 422.
Holzmaden 222.
Homacodon 349.
Homalonotus 106. 529.
Homalodontotherien 357.
Homburg 558.
Homocamelus 349.
Homoeosaurus 229.
Homo sapiens 335.
Honduras 544.
Honolulu 383.
Hope, Diamant 641. 643.
Hoplites 281. 282. 293. 294.
— auritus 294.
Hoplites Boissieri 291.
— Deshayesi 292.
— eudoxus 207. 251.
— Malbosi 291.
— radiatus 292.
— Roubaudi 291.
— splendens 294.
Horhausen 630.
Hornblendeschiefer 493.
Horner Schichten 389.
Hornfjot 429.
Hornerze 602.
Hornisgrinde 510.
Hornsteine 209.
Hornsteinschichten 120. 254.
Horowitz 512.
Horstgebirge 480.
Hotsprings 667.
Höttinger Breccie 425—427. 436.
Hrubschitz in Mähren 653.
Huanca Velica in Peru 607.
Huangho 478.
Hudson 98. 184.
Hudson-Bai 460.
Huelgoat 615.
Huelva 609. 634.
Hufttiere 316. 317. 319. 322. 324. 336 ff. 373. 377.
Hühner 379.
Hummer 218.
Hund, Wilder 314.
Hunde 316. 326. 327. 407. 410. 464.
Hundes 411.
Hungarites Strombecki 178.
Hunsrück 113. 120. 303. 516.
Huronische Formation 539.
Hutbildung 597.
Hüttenberg in Kärnten 626. 627.
Hyacinth 645.
Hyaemoschus 347. 351.
Hyaena 316. 327—329. 331. 397. 401. 410. 411. 451. 467. 471.
— brunnea 451.
— crocuta 451.
— eximia 329.
— spelaea 451.
— striata 451.
Hyaenarctos 328. 397. 410.
Hyaenictis 329.
Hyaenodon 326. 412.
Hydaspitherium 410.
Hydraulik, Goldgewinnung 593. 594.
Hydrobia 364. 393. 403.
— Eugeniae 404.
Hydrochoerus 413. 467.
Hydroidpolypen 62.
Hyerische Berge 484. 485.
Hylobates 334.
Hymenaea 272. 273.
Hymenophyllaceen 143.
Hymenopteren 136.
Hymettos 650.
Hyocrinus 64. 68.
Hyolithes 79.
Hyopotamus 321. 348. 410.
Hyotherium 344. 347. 379. 410.
— Soemmeringi 364.
Hypoclypus gibberulus 217.
Hypodiadema 172. 192.

Digitized by Google

Hypsiprymnus 189. 314. 469.
Hyrachius 341.
Hyracotherium 341. 342. 345. 374. 375.
Hyrakoiden 316. 336. 338.
Hyrax syriacus 338.

Ibbenbüren 573.
Iberg 120. 491.
Ibis 379.
Ichinokawa bei Saijo 635.
Ichthyornis 287. 288.
Ichthyosaurus 131. 171. 182. 192. 222. 224—228. 246. 285. 303.
— quadriscissus 228.
Ictitherium 329. 397. 401. 410.
— hipparionum 329.
— Orbignyi 329.
— robustum 329.
Idaho 189. 543. 595.
Idar in Birkenfeld 648.
Idarwald 113. 516.
Idria in Krain 607.
Idro-See 497. 498. 500.
Igel 316. 325. 452.
Ignaziberg 502.
Iguanodon 233—235. 466.
Ilfeld im Harz 634.
Illaenus 75. 84. 90. 95.
— insignis 75.
— Katzeri 75.
— Murchisoni 75.
Iller 425. 452.
Illinois 138. 148. 156. 187. 575. 620.
Iltis 451.
Immen 136.
Inadaption 324.
Inciſiven 318.
Inde bei Aachen 571. 572.
Inderskiſcher See 555.
Indiana 459.
Indien 18. 20. 156. 160. 161. 169. 170. 278. 298. 302. 332. 356. 366. 397. 410. 469. 471. 529. 643.
— Salzgebirge 155. 159.
— Scharung 523. 532.
Indifferenz der Thermen 559.
Indigirka 458.
Indikolith 645.
Indiſcher Ozean 11. 12. 157. 358. 378. 527.
Indo-Afrika 161. 262. 297. 482.
Indus 207. 259. 261. 262. 264. 265. 295. 532.
Induſienkalk 309. 310.
Infulaster 276.
Infuſorien 21.
Ingermanland 648.
Inlandeis 419—428.
Inn 422. 423. 447. 493. 494. 496.
Innsbruck 425. 426. 496.
Inoceramus 293. 304.
— concentricus 278.
Inowrazlaw 553.
Inſekten 22. 24. 88. 113. 136. 137. 156. 162. 166. 171. 220. 309. 366. 380. 400. 452.
Inſektenfreſſer 240. 289. 314. 316. 317. 319. 322. 338. 373. 376. 452.
Interglazialzeit 386. 424. 425. 437. 454. 457. 461.
Inwald 502.
Iquique 666. 667.
Iran 482. 531.
Irawaddi 535. 536.
Iridium 587.
Irkutsk 385. 661.
Irland 153. 264. 448. 518. 520. 522. 563.
Iron Mountain 630.
— Ridge 629.
Iſar 422. 423.
Iſchl 549. 558.
Iſeo-See 497.
Iſère 422. 574.
Iſergebirge 514.
Iſerlohn 614.
Iſerwieſe im Iſergebirge 643.
Isis 57.
Iſjum 253.
Island 302. 303. 381. 382. 415. 429. 521. 557. 664.
Iſonzo 500.
Iſopoden 86. 126. 219.
Iſthmus von Korinth 407. 443.
— von Panama 413. 415. 544.
— von Suez 11. 378. 393. 408. 478.
Iſtrien 301. 368. 369. 485. 555.
Itakolumit 639.
Italien 243. 259. 296. 303. 334. 388. 390. 391. 396. 400. 437. 555.
Ivancica 485.
Ivitût 665.
Ivonicz 558.
Ivrea 492. 493.
Iztaccihuatl 544.

Jablonowai-Gebirge 482.
Jabeit 653.
Jahresringe im Steinſalze 554.
Jamaica 297. 358.
Jana 446.
Jano in Toscana 574.
Japan 119. 121. 156. 189. 204. 259. 262. 264. 380. 385. 409. 411. 530. 537. 583. 622.
Jarkand 482.
Jaſpis 647.
Java 334. 367. 397. 411. 482. 536.
Jazartes 532.
Jekaterinburg 598. 612. 630. 643.
Jekaterinoslaw 548.
Jemtland 93.
Jeniſſei 458. 526. 598.
Jernbäraland 627.
Jerſey 518.
Jeſo 299. 537.
Jet 650.
Joachimsthal 603. 604. 634.
Joannites Joannis Austriae 198.
Jodquellen 556. 558.
Joenſuu 433.
Johanngeorgenſtadt 604. 634.
John-Day-Fauna 412.
Joniſcher Archipel 402. 486.
Jönköping in Schweden 629.
Jordansmühle, Oberſchleſien 653.
Jowa 148. 156.
Judendorn 381.
Judenpech 583.
Judikarien 202. 497. 498. 499.
Juglans 382.
Jujuy 583.
Juliſche Alpen 500.
Jünnan 405. 535.
Jura, alpiner 254—256. 259.
— borealer 258. 259.
— brauner 206. 207. 246. 247.
— mitteleuropäiſcher 243—254.
— oberer 247—252.
— ſchwarzer 205. 207.
— ſüdpolarer 266.
— weißer 206. 207.
Jurafauna 208—243.
Juraformation 5—7. 18. 20. 22. 31. 170. 205—266. 375. 514.
— Gliederung 205—208. 243. 260.
Juragebirge 205. 341. 422. 489. 509.
Juraklippen 503.
Jurakohle 576.
Juraſſiſche Meere und Feſtländer 260—265.
Jütland 366. 517.
Juvaviſche Stufe 198. 201.

Kaa 514.
Kabeljau 106.
Kadoliosaurus 167.
Käfer 33. 136. 137. 171. 220. 225. 309. 452.
Käfergemmen 636.
Kahlenberg im Erzgebirge 620.
Kahlhecht 107.
Kainacher Keſſel 493.
Kainit 551. 553.
Kairo 368. 408.
Kaiſergebirge 494.
Kalabrien 203. 402. 486.
Kalait 646.
Kalamaki 407.
Kaledoniſcher See 119.
Kalialaun 664.
Kalidünger 657.
Kalifornien 189. 294—296. 298. 299. 304. 308. 468. 555. 580. 586. 592—595. 601. 606. 616. 622. 640. 667.
Kaliſalpeter 666.
Kaliſalze 163. 657.
Kalk 34. 656.
Kalkalpen 88. 193. 492—498.
Kalkglimmerſchiefer 650.
Kalkphosphat 657.
Kalkſchwämme 56.
Kalkſtein 151. 650. 662.
Kalktuffe 443.
Kalmar-Län 631.
Kaluga 299. 574.
Kalusz 390. 551.
Kambrium 5. 33—51.
— Fauna 41—51.
— Gliederung 41.
Kameen 636. 648.
Kamele 346. 349. 410. 413.
Kammin 253.

Digitized by Google

Kammmuscheln 278. 389. 391.
Kampferbäume 380.
Kamtschatka 358. 382. 384. 385. 409. 482. 530. 537.
Kanab-Wüste 156.
Kanada 39. 381. 382. 463. 539. 548. 580. 581. 657. 658.
Kanaliferen 280.
Kanalinseln 518.
Kanalträger 308.
Kanarische Inseln 414. 538.
Kaneelstein 645.
Känguruhratte 189. 469.
Kanker 33. 138. 364.
Kannelkohle 565. 650.
Kannstatt 558.
Känozoische Periode 5. 301.
Kansas 284. 287. 298. 541.
Kantschindschinga 534.
Kaolin 659.
Kap Emineh 485.
— Ghir 487.
— Hoorn 482. 544.
— Negrais 535.
Kapdiamanten 640.
Kapformation 597.
Kapkolonie 159. 185. 259. 261. 295 528.
Kapnik 599.
Kapuliden 79.
Kapverden 378. 407. 414. 538.
Kar Bugas 548.
Karakorum 262. 367. 482.
Karawanken 117. 198. 497. 499. 500.
Karbonat 639.
Karbonformation, s. Kohlenformation.
Karibisches Meer 415. 456. 544.
Karibu 436. 449.
Karlsbad 512. 515. 522. 557. 558. 653.
Karnallitregion 553.
Karneol 647.
Karnische Alpen 97. 105. 116. 117. 120. 155. 370. 497. 499. 500.
— Stufe 201.
Karpathen 189. 192. 202. 207. 243. 259. 271. 296. 302. 303. 361. 367. 368. 369. 388. 390. 392. 397. 421. 428. 437. 439. 482. 485. 501—507. 573. 583. 598.
Karpathensandstein 369. 501 ff.
Karpathische Klippen 502 ff.
Karpfen 106. 435.
Karrooformation 160. 185. 187. 188. 529. 576.
Karsterscheinungen 296.
Karwändelgebirge 494.
Kasan 165.
Kasbek 530.
Kaschau 505. 507.
Kaschgar 482. 532. 535.
Kaschmir 534.
Kaskadengebirge 460. 462. 482. 543.
Kaspisches Becken 531. 555.
— Meer 259. 398. 399. 478. 526. 548.
Kassel 363. 656.
Kassiduliden 213. 307.
Kastanie 382. 435.
Kasuare 288. 469. 471.
Katalonien 549.
Katastrophentheorie 6. 7.
Katschkanar 629. 630.
Katzen 316. 327. 329. 332. 397. 407. 410.
Katzenauge 638. 647.
Kaukasus 259. 260. 264. 295. 303. 367. 369. 390. 394. 439. 450. 455. 482. 485. 508. 526. 530. 531. 576. 582.
Kelbenich 630.
Kelheim 250. 251.
Kellowaystufe 207. 247. 248. 251. 257.
Kempfenhausen 420.
Kendeng 334.
Kentucky 156. 580. 581.
Keokukgruppe 156.
Kernsteinchen 267.
Keroselen 585.
Kerosin 585.
Kerpen 114.
Kertsch 392. 400. 582. 583.
Kettengebirge 480 ff.
— asiatische 530.
— nordamerikanische 541 ff.
— südamerikanische 544.
— südeuropäische 483 ff.
Kettenjura 489. 509.
Kettenkorallen 62.
Keuper 178. 179 ff. 510.
Keuper, bunter 179—182.
Kiangurpaß 533.
Kiefern 381. 435.
Kielce 258. 508. 514.
Kieselgur 656. 663.
Kieselquellen 557.
Kieselsäure 663.
Kieselschiefer 35. 655.
Kieselschwämme 54—56. 304.
Kieselspongien 209.
Kieselzinkerz 618.
Kieserit 553. 666.
Kiew 361. 428. 525. 648.
Kilikien 393.
Kimberley 640.
Kimmeridgestufe 207. 227. 248. 250. 251. 255. 256.
King's Bay 381.
Kinnekulle 93.
Kirchberg a. d. Iller 391. 452.
Kirschen 25. 271.
Kirumavara 628.
Kischtim 598.
Kisil Yart 532.
Kissingen 558.
Kiusiu 537.
Kiwi 469.
Kladno 568. 569. 573.
Klagenfurt 614.
Klattau 512.
Klausen 498. 500.
Klausschichten 256.
Klausthal im Harz 614.
Kleinasien 203. 259. 260. 264. 278. 297. 299. 302. 366. 367. 369. 380. 388. 390. 393. 401. 482. 530. 531. 634. 656.
Klerksdorf 597.
Klima der Eiszeit 25. 419 ff. 453. 457.
— der Glossopteris-Region 161.
— des Jura 258 ff.
— der Kohlenformation 151.
— der Kreidezeit 271. 272.
— des Miocäns 380—386.
— der Tertiärzeit 303.
— der Urzeit 57.
— kontinentales u. insulares 152.
— Zonen 28.
Klinge bei Kottbus 436.
Klippdachs 316. 322. 336. 338.
Klippen, karpathische 501 ff.
— mesozoischer Gesteine 491.
Klippschiefer 338.
Kloakentiere 313.
Knappenberg bei Hüttenberg 626.
Knochenbreccien 443.
Knochenfische 106. 222. 282. 304.
Knochenhecht 107.
Knochenhöhlen 443. 464.
Knochenlager 182.
Knollenkalke 116.
Knorria 144.
Knöterich 427.
Knottensandstein 614.
Knorschiefer 39. 41.
Knoxville 615.
Kobalt 623. 624.
Kobaltin 623.
Koburg 509.
Koblenzer Grauwacke 114.
Kochsalz 547 ff.
Kochsalzkristalle, Abdrücke 175.
Kohinur (Diamant) 641. 642.
Kohlen 146—149. 559—579.
— der Karbonformation 570.
— der nachkarbonischen Formationen 576.
— der Silur- und Devonformat 569. 570.
— der Tertiärperiode 576 ff.
Kohlenablagerungen, limnis paralische 153. 154. 567.
Kohleneisenstein 625.
Kohlenflöze, in Europa 5
— Mächtigkeit der 567
— in Nordamerika u 574. 575.
— Selbstentzündur
— Veränderung d
Kohlenformation F
— in England
— Gliederung
— Pflanzenr 151.
Kohlenkalk
Kohlenschi
Kokkolithe
Kokskoh
Kola,
Kolbi
Köln
Kol
-

Digitized by Google

Kolonie Zippe 96. 97.
Koloforuk 387.
Kolumbien 259. 291. 462. 475. 482. 544. 601.
Komeschichten 272. 290.
Kommensalismus 114.
Kommern in der Eifel 614.
Komorn 507.
Koenenia 220.
Kongsberg in Norwegen 604. 605.
Konieprus 115. 116.
Koniferen 113. 150.
König-Karls-Land 384.
Königsberg 364. 383.
Königstein 270.
Koninckina Leonhardi 195. 200.
Konkretionen von Thoneisenstein 167.
Konstantine 635.
Konstantinquelle in Gleichenberg 558.
Konstanz 309. 380. 392.
Kontaktlagerstätten 591. 611.
Koonapschichten 160.
Kopffüßer 26. 33. 46. 75. 80—83.
Kopparbergs-Län 627.
Korallen 22. 23. 33. 47. 55 ff. 114. 209. 274. 307. 502.
Korallenerz 607.
Korallenkalke 10. 99. 248. 250. 251. 292.
Korallenoolith 251.
Korallien 250.
Korbiskrug 435.
Kordilleren 303.
Korea 41. 156.
Korinth 407. 443.
Kormorane 379.
Korund 637. 643.
Kos, Insel 403. 404. 407. 408.
Kösen 558.
Kössener Schichten 183. 193. 197. 201.
Köstritz 552.
Kottbus 436.
Kotelnj, Insel 458.
Kowno 261.
Krabben 219. 282. 308. 368.
Krähen 379.
Kraichgau 511.
Krain 296. 370. 388.
— in Mähren 660.
Krakatau 536.
Krakau 154. 175. 253. 258. 502. 508. 514. 573.
Kraken 80.
Krallaffen 333.
Kramenzel-Kalk 115. 120.
Kraniche 379.
Krapina 559.
Kraubat in Steiermark 634.
Krawinkel in Thüringen 655.
Krebse 126. 127. 178. 218. 225. 282.
Krebstiere 23. 33. 83. 125.
Kreiburg 447.
Kreide 170. 269. 656.
— boreale 292.
Kreidefauna 274 ff. 294.
Kreideflora 271—274.
Kreideformation 5—7. 25. 26. 266. 267—301.
Kreidekohle 576.
Kreischeria 138.
Kremnitz 507. 599. 604.
Kremsier 502.
Kressenberg 368.
Kreta 347. 403. 405. 448.
Kreuznach 558.
Kriechspuren 38. 41.
Kriechtiere 129. 130.
Krim 259. 399. 400. 482. 485. 508. 526. 530.
Krinoiden 63. 66—70. 100. 101. 114. 156.
Krystallinische Schiefer 34.
— Zone der Alpen 493.
— — der Karpathen 505.
Krystallkeller 646.
Krivan 438.
Kroatien 256. 309. 370. 380. 388. 399. 400. 402. 403. 483.
Krokodile 129. 171. 228. 286. 303. 377.
Kronach 164.
Kronobergs-Län 631.
Kronstadt 507.
Krossopterygier 109. 128.
Krosstenslera 429.
Krustaceen 46. 83—87. 106. 125. 162. 218. 282.
Krynica 588.
Kryolith 565.
Ktenodipterinen 109.
Küchenschaben 137.
Kuda Ko 582.
Kuenlün 119. 481. 482. 531. 532. 535.
Kulan 442.
Kulm 125. 153. 155. 572.
Kumaon 203.
Kunststeine 654.
Kupfer 587. 608—613.
Kupfererz 163.
Kupfererzgänge 603.
Kupferglanz 608.
Kupferkies 608.
Kupferminenfluß 385.
Kupfernickel 623.
Kupferschiefer 162.
Kur 530.
Kurdistan 531.
Kurilen 537.
Kurland 258. 524. 525.
Kursk 657.
Kuseler Schichten 155. 164.
Küstenland 283. 296. 543. 577.
Kyffhäuser 164.
Kykladen s. Cykladen.

Laacher See 517.
Laas, Marmor von 652.
Labrador 460. 461.
Labradorit 648.
Labyrinthodonten 157. 171. 174. 181. 186.
Laccolithen 497. 498. 542.
Lacertilier 229.
Lachse 106.
Ladinische Stufe 201.
Ladogasee 435. 524.
Lady Hunter Well 581.
La Ferté sous Jouarre 655
Lager 588.
Lägerkette 489.
Lagerschiefer 607.
Lagerstätten, eruptive 588.
Lagerstöcke 588.
Lago di Como 192. 492.
— di Lugano 492.
— d'Orta 492.
— Maggiore 492.
Lagomys pusillus 442.
Lagoni 667.
La Higuera bei Coquimbo 609.
Lahn 440. 614.
Lahontan-See 461. 462.
Laichkraut 381.
Lakadiven 261.
Lama 349. 464. 467.
Lamellibranchier 77.
Lampreten 112.
La Motte 616.
Lancashire 147. 560. 570.
Lancaster Gap 624.
Landeck 493. 496. 557.
Landfauna 23. 88. 113. 119. 156.
Landsberg bei Moschel 607.
Landschildkröten 452.
Landschnecken 27. 33. 148. 156. 387.
Langenaltheim 656.
Langesund in Norwegen 658.
Languedoc 116.
Lanzettfische 106.
Laramieschichten 288. 298. 300. 308. 359. 372. 540. 541.
Lärche 425. 436.
Lariosaurus 192.
Lasurstein 648. 662.
Laternenträger 220.
Lauenburg a. d. Elbe 436.
Laufkäfer 220.
Laumont, Montagnes du 489.
Laurentinische Formation 539.
Lauriongebirge 650.
Lausitzer Gebirge 164.
Lawrenceburg 581.
Leadville 617.
Leaia 134. 135.
Lebacher Schichten 155. 164. 167.
Le Beausset 485.
Lebensbaum 463.
Lebererz 607.
Lechthaler Alpen 492.
Le Creuzot 568. 569. 573.
Lecythocrinus 101.
— Eifelianus 100.
Leda 78.
Leeds 570.
Lehnersattel 423.
Leicestershire 560. 570.
Leiostraca *Mojsisovics* 190.
Leipzig 431.
Leitfossile 8. 18. 19.
Leithakalke 14. 380. 391. 505.
Leitzach 422.
Le Mans 270.
Lemberg 508.
Lemming 450. 453.
Lemnos 662.

Digitized by Google

Lemuren 316. 325. 331—335. 373.
Lemuria 332.
Lena, Fluß 384. 385. 445. 458. 526.
Leña in Asturien 155.
Lenneschiefer 114. 120.
Leoben 496. 501.
Léognan 388. 392.
Leo spelaeus 451.
Leperditia 84.
— baltica 86.
Lepidodendron 33. 113. 143. 145. 147. 150. 157. 168. 169.
— Sternbergi 144.
— Veltheimianum 153.
Lepidosiren 128.
Lepidosteus 107.
Lepidostrobus 145.
Lepidotus 221. 226.
— gigas 226.
Leptaena 73.
— sericea 69.
Leptolepis 222. 226.
Leptotragulus 349.
Lepus 413.
— glacialis 450.
Lesina 406.
Lettenkohle 179. 180. 576.
Leuk 557. 559.
Leukosaphir 643.
Leutschau 505.
Levantinische Ablagerungen 403. 404. 405.
Lias 205. 207. 243—246. 255. 264.
Libellen 171. 220. 225.
Liberia 347.
Libocedrus gracilis 381.
— Sabineana 381.
Libysche Wüste 267. 299. 367. 368. 393.
Lichas 84. 90.
Lichtenfels 224.
Lick Springs 667.
Liebenhalle 549.
Liechtenstein 195.
Ligan in Lancashire 560.
Lignit 564.
Ligroin 585.
Ligurien 370.
Lilang 534.
Lilienstein 270.
Limagne 379.
Lima lineata 177.
— praecursor 183.
Limmat 422.
Limmer 584.
Limnaeus 310.
— longiscatus 311. 362.
Limonit 624. 625.
Limulus 41. 82. 85. 86.
Linares 615.
Lincolnshire 518.
Linden 381. 435. 436.
Lingula 36. 39. 41. 46—48. 215.
— Lewisi 49.
— tenuissima 179.
Lingulella ferruginea 35. 41. 46.
Linthgletscher 422.
Linthia Heberti 305. 307.
Liotomus 373.
Lipari 656.
Liphistium 188.
Lippik in Slawonien 558.
Lippspringe 559.
Liptau 437. 439. 506.
Liquidambar 272.
Listriodon 379. 410.
— splendens 394.
Litauen 258. 297.
Lithiotis 31.
Lithistiden 56. 209.
Lithodendronkalkstein 197.
Lithographische Steine 656.
Lithomantis carbonaria 135. 137.
Lithothamnium 391.
Litorinellenschichten 387.
Lituites 83. 90.
— lituus 76.
Liukiu-Inseln 537.
Liverpool 518. 570.
Livigno-Masse 492. 493.
Livland 431. 436. 525.
Ljachov-Insel 445. 458.
Llandeilo 91.
Llandoverygruppe 91.
Llano estacado 541.
Lobi olfactorii 317.
— optici 317.
Lobites 190.
— delphinocephalus 189.
Lobsann 583. 584.
Lodosa 666.
Löffelfuchs 319.
Lofoten 51.
Logroño 666.
Logrosan 658.
Loire 154. 387.
Loisachgletscher 422.
Lombardei 199. 200. 500.
Lombok 536.
Lomnitzer Spitze 506.
London 270. 302. 311. 361—363. 366. 519. 523.
Londonthon 374.
Long Island 459. 539.
Longmyndgruppe 35. 41.
Lophiodon 341. 342. 362. 375.
Lorbeer 272. 380.
Lorenzago 497
Lorenz-Strom 460. 461. 539.
Loricula 85.
Loriolia 217.
Löß 424. 425. 427. 439—443. 461. 537.
Lothringen 180. 549.
Loup-Fork-Gruppe 349. 373. 413.
Löwen 9. 331. 449. 451. 463. 467. 471.
Löwenäffchen 333.
Löwenberg 164.
Loxolophodon 340.
Loxonema 125. 191.
Luberon 485.
Lublin 260. 261.
Lübtheen 553.
Lucca 557. 559.
Luchs 451.
Ludlowschiefer 91.
Ludwigsburg 177. 179.
Lueg, Paß 495.
Luftmörtel 654.
Luganer See 497.
Lüneburger Heide 435. 549. 656.
Lungenfische 106. 109. 129.
Lungenschnecken 135. 310.
Lunzer Schichten 178. 180. 192. 193. 196. 201.
Luosavara 628.
Lure, Montagne de 485.
Lutra 413.
Lutsun 555.
Lüttich 571.
Luxemburg 173.
Lychnus 300.
Lycosaurus 187.
Lykopodiaceen 144.
Lynodictyum 34.
Lyon 422.
Lytoceras 216. 218. 243. 254. 257. 258—260. 281. 291. 296. 298.
— fimbriatum 220.
— jurense 207.

Maasechsen 283.
Maastricht 278. 283. 299.
Macelintockie 382.
Machairodus 329. 330. 397. 401. 413. 435.
— latidens 451.
— neogaeus 330. 464.
Mächtigkeit der Gänge 588.
— der Kohlenflöze 567.
— der Ablagerungen 33.
— des Diluvialeises 431.
— des Diluviums 430.
Macigno 369. 535.
Mackenzie 298.
Maclurea Logani 71.
Macrocephalenschichten 257.
Macrocephalites macrocephalus 207. 248.
Macrocheilus 125. 191.
Macroscaphites 281. 291.
— Yvani 291.
Macrotherium 360.
Mactra podolica 395.
Madagaskar 259. 261. 295. 302. 325. 326. 329. 331. 347. 469. 529. 647.
Madeira 414.
Madoniengebirge 203.
Madras 530.
Madrid 446.
Magdeburg 163. 363. 432. 576.
Magnesia, Halbinsel 486.
Magnesian limestone 165.
Magnesit 662.
Magnesiumsulfat 666.
Magneteisenerz 624.
Magnetit 624.
Magnetkies 624.
Magnolia 271—274. 381. 382. 404.
— palaeocretica 273.
Magura 505.
Magurka, Oberungarn 635.
Mähren 153. 154. 253. 388—390. 451. 501. 502. 511. 523. 660.
Main 440.
Maine 461. 518. 622.

Digitized by Google

Mainz 302. 352. 355. 363. 364. 379. 387. 396.
Makaken 410.
Makedonien 403.
Makruren 126.
Malachit 608. 653.
Malacopterygier 283.
Malacostraca 86. 87.
Malakka 138. 621. 622.
Malayische Halbinsel 482. 536.
— Inseln 262.
Malè 498.
Malea 485.
Malediven 261.
Malermuscheln 290.
Malm 207. 247—252.
Malmanidolomit 597.
Malta 347. 388—391. 406. 407. 446. 448. 452. 478. 487.
Mammut 338. 356. 435. 436. 439. 440. 443—446. 453. 458. 459. 462.
Mammutbäume 380. 381.
Man, Insel 569. 615.
Manati 358.
Manchargruppe 410.
Manchester 570.
Mangan 633.
Manganit 633.
Mangfall 422.
Mangischlak 259. 576.
Mangrovewaldungen 147. 149. 561.
Manis 332. 359. 360.
Mannen 490.
Manno 498.
Mansfeld 162—164. 611.
Manteltiere 21.
Manticoceras intumescens 106.
Mantiden 137.
Maracaibo, See von 462.
Maragha 332. 360. 396.
Marathon 334. 400.
Marattiaceen 143.
Marbach 660.
Marbre griotte 155.
Marcellusschiefer 120.
March 502.
Marder 316. 327—329. 451.
Margarites 218.
Mariazell 495.
Marienbad 558.
Marienberg 603. 604. 621. 634.
Mariinskoi 661.
Marmaros 503. 505. 507. 547. 552.
Marmolata 200.
Marmolajothal bei Volterra 652.
Marmor 650—652.
Marmor, dichter 650. 652.
Marne, Departement 274.
Marokko 387. 486. 507. 526.
Máros Ujvár 547. 552.
Marquesas 536. 537.
Marsgebirge 502.
Marseille 485.
Marsupites 275.
— ornatus 276.
Marthas Vineyard 459.
Marvao 658.
Maryland 412.
Maskarenen 452.
Massa di Carrara 652.
Massachusetts 459.
Mastodon 330. 354—357. 378. 397. 402. 406. 409. 410. 413. 467. 468.
— americanus 463. 467.
— Andium 464.
— angustidens 353. 354. 356. 364. 379. 394.
— arvernensis 356. 402.
— Borsonii 402.
— elephantoides 354. 356. 357.
— giganteus 463.
— Humboldti 464.
— latidens 356.
— longirostris 356. 396. 397.
— ohioticus 463.
— tapiroides 356.
Mastodonsaurus 181.
Matapan 485.
Matra 507.
Mattkohle 565.
Mattsee 368.
Maul 496.
Maulwurf 316. 325. 326. 452.
Maulwurfsgrillen 88.
Mauremont 375.
Maures 484.
Mauritius 452.
Mäuse 314. 316. 320. 331. 359. 468.
Mauvaises Terres 339. 372. 541.
Mayen 655.
Mazon Creek 138.
Mechernich 614. [553.
Mecklenburg 220. 419. 432. 433. 517.
Mecochirus 218. 223.
Medinasandstein 98.
Mediterranfauna 378. 391. 392. 402.
Mediterrankreide 290 ff.
Medlicottia 203.
Medsched bei Herat 646.
Medulla oblongata 317.
Medullosa 146.
Medusen 37. 41. 46. 55.
Medusenhaupt, Schwabens 210. 213.
Meeraugen 438. 506.
Meerdrachen 227.
Meere, alte 28. 260 ff.
Meereicheln 389.
Meerengel 222.
Meeresmolasse 370. 389.
Meersäugetiere 375.
Meerschaum 652.
Meerschwämme 55. 209.
Meerschweinchen 467.
Megaceros hibernicus 448. 449.
Megalodus 191. 192. 534. 535.
— cucullatus 114.
Megalomastoma infranummuliticum 311.
Megalonyx 330. 413. 463. 466. 467.
Megalosaurus 236.
Megamys 359.
Megaphytum 142.
Megara 405.
Megatherium 330. 463. 465. 466.
Megerlea 74.
Mehadia 559.
Meißen 440. 603.
Mejillones 603.
Melania 290. 310. 403.
— ricinus 404.
Melanit 645.
Melanopsis 310. 398. 400. 403. 404.
— aetolica 399.
— Bouéi 399.
— Gorceixi 399.
— Heldreichi 399.
— martiniana 399.
— Proteus 399.
— pygmaea 399.
— vindobonensis 399.
Melanoptychia Bittneri 399.
Melaphyr 162. 201.
Meletta sardinites 390.
Melinit 662.
Melofriniden 101.
Melonites multiporus 123.
Menaspis 167.
Mendiphügel 520.
Mendoza 583.
Mengilâch 204.
Menispermum 274.
Meniviangruppe 36. 41.
Menomonee-Region 629.
Menophyllum 58.
Mensch 316. 319. 322. 325.
— im Diluvium 452. 454. 455. 467.
— im Tertiär 335. 377.
Meran 493. 498. 499.
Mergel 656.
Meriba, Anden von 462. 475.
Merista 74.
Merostomata 86.
Merychippus 344. 345.
Mesaxonia 341.
Meseritsch 502.
Meseta, iberische 487
Mesites 71.
Mesohippus 344.
Mesonyx 336.
Mesopithecus 397.
— Pentelici 332. 334.
Mesopotamien 531.
Mesozoische Periode 5. 170 ff. 303.
Messerzähner 329.
Messina 402.
Metalle 586 ff.
Metamorphische Kontaktlager 611.
Metaxytherium 358.
Meudon 662.
Mexiko 258. 278. 294—296. 372. 412. 413. 482. 483. 539. 540. 543. 544. 596. 602. 635. 640. 653.
Mexikanischer Golf 298.
Michalowice 550.
Michigammi-Eisenberg 629.
Michigan 39. 548. 574. 608. 629.
Micraster 277.
— coranguinum 277.
Microconodon 189.
Microlestes 182. 188. 240.
Mid-Lothian 571.
Miechowitz bei Beuthen 619.
Miesbach 370. 420. 423. 509.
Mijask 592. 598. 643.
Mikroklin 648.

Digitized by Google

Mikronesien 536.
Milchgebiß 318.
Milchopal 648.
Millstone grit 153. 154. 571.
Milo, Insel 664.
Miminger Kette 494.
Minas Geraës 596. 640.
Minerale, metallische 586 ff.
— nutzbare 545 ff.
— zu chemischen Zwecken verwendete 662—667.
Mineralquellen 556. 559.
— erdige 559.
— kohlensäurehaltige 556.
Minnesota 39.
Miocän 301. 311—313. 361. 377. 387—393. 396.
Miocänfauna 378.
Miocänflora 380 ff.
Miohippus 344.
Miopliocän 396.
Miröschau 573.
Mischio di Serravezza 652.
Mississippi 98. 316. 372. 459. 467. 477. 478. 539. 575. 615. 616.
Missouri 39. 156. 373. 459. 574. 575. 616. 622.
Mitau 524.
Mitra 394. 402.
Mittelberg, Thüringen 634.
Mittelalter, Bergbau 546.
— Goldgewinnung 598.
— Kohlengewinnung 560.
— Salzgewinnung 547.
Mitteldeutschland 507. 515. 516.
Mittelhirn 317.
Mittelmeer 11. 262. 378. 380. 387. 408. 415. 416. 482. 526.
— äthiopisches 262. 295.
— jugendlich erweitertes 406—409. 416.
— zentrales 262. 366.
Mixodectes 331.
Mneniauer Kalke 117. 120.
Moa 469. 470.
Modena 583. 607.
Möen 266.
Mofetten 556.
Mohilew 299.
Mokkastein 647.
Mokattam 368.
Molaren 318.
Molasse 370. 489. 491.
Moldau 390. 392. 583. 584.
Molukkenkrebse 41. 82. 85. 219.
Mollusken 22. 23. 74—77. 308. 452.
Mombas 259. 261. 529.
Monaktinelliden 56.
Mondstein 638. 648.
Mongolei 482. 532.
Monmouthshire 560.
Monodacna 398.
Monograptus 62.
— Nilsoni 61.
— priodon 61.
— turriculatus 61.
Monotis 191. 203.
Monotremen 27. 468.
Mons 233. 571.
Montana 594. 595. 609. 616.
Montauban 375.
Montblanc 422. 488. 489. 492. 505.
Mont d'Or 664.
Monte Amiata 607.
— Baldo bei Verona 662.
— Bolca 368.
Montecatini 612.
Monte Clapsavon 198.
— Cristallo 500.
— Gargano 406.
— Mario 407.
— Massi 612.
— Pellegrino 443.
— Pomi bei Iglesias 619.
— Petrara 437.
— Postale 368.
— Promina 370.
— Rosa 422. 488. 492.
— Sirino 437.
Montenegro 296. 485.
Montet 420.
Montgomeryshire 615.
Montioni bei Piombino 664.
Mont Leberon 396.
Montlivaultia 211.
Montmartre 315. 341. 363. 375. 652.
Montmédy 173.
Montmorency 364.
Montpellier 334. 402.
Montreal 460. 461.
Montreux 382.
Monts des Maures 484.
Mont Terrible 489.
Moonta-Mine 613.
Moose 425.
Moorhuhn 452.
Moorskorallen 26. 72. 163. 277. 308.
Moostierchen 72.
Moostorf 563.
Moränen 419 ff.
Moränenlandschaft 424.
Mora 203.
Moravitza 611.
Morawathal 392.
Morlaix 615.
Mörnsheim 509. 656.
Moropus 413.
Mörschwyl 425.
Mörtel 654.
— feuerfester 654.
— hydraulischer 654.
Mosambik 259. 261. 295. 529.
Mosasaurus 171. 283. 303.
Moschusochs 27. 435. 436. 450. 453. 456. 459. 463. 471.
Moschustiere 346. 350.
Moskau 12. 60. 155. 207. 243. 260. 262. 293. 299. 525.
— Jura 257. 258. 264.
Mount Bischoff in Tasmanien 622.
— Davidson 594.
— Mansfield 460.
— Washington 460.
Möwen 379.
Muchrevan bei Tiflis 665.
Mückenturm 620.
Muggendorfer Höhle 451.
Mugodjaren 526.
Mühlheim 656.
Mühlsteine 655.
Mulde 440.
Mull 520.
Multituberculata 188. 240. 289. 313. 373. 377.
München 422. 509.
Munkacs 664.
Münster 663.
Muntjak 351. 379.
Murajewnakohle 565.
Murchisonia 79. 125. 191.
Mureeschichten 157. 158.
Murex 280. 394.
Murmeltiere 320. 359.
Murthal 496.
Mürzthal 196. 493. 496.
Muschelbänke, gehobene 434.
Muschelkalk 173. 175—179. 201. 510.
Muschelkrebse 86. 125. 219. 282.
Muscheln 33. 75. 77. 268. 308.
— der Juraformation 215.
— der Kreideformation 278.
— des Bonebedsandsteins 183.
— des Muschelkalkes 191.
— kambrische 46.
— permische 125. 163.
Mustela 328. 413.
Mutationen 15. 16. 18.
Mutterlauge 553.
Mützenschnecken 79.
Mya truncata 407. 434. 443.
Myacitenmergel 251.
Myacites Fassaensis 175. 194.
Myalina 78.
Mycetophagiden 220.
Mylodon 330. 413. 463. 466. 468.
Myodes obensis 453.
— torquatus 453.
Myophoria costata 175. 194.
— decussata 200.
— Ewaldi 183.
— Goldfussi 179.
— Kefersteini 198.
— Raibliana 180.
— vulgaris 177.
— Whateleyae 199.
Myoxus glis 450.
— Nitela 450.
Myrmecobius 314. 319.
Myrmecophaga 359. 360.
Myrsinophyllum 274.
Myrten 380.
Myslowitz 138.
Myrinoiden 106.

Nabelschwein 465.
Nabelhölzer 4. 33. 146. 150. 157. 168. 171. 172. 174. 381. 386.
Nagelfluh 370. 424. 491. 655.
Nageltiere 325—335.
Nagetiere 316—320. 359. 375—377. 413.
Nagyag 599.
Nagy-Bánya 599.
Namur 571.
Nancy 173.
Nandu 467. 469.

Digitized by Google

Nanosaurus 236.
Nantucket 459. 461. 539.
Nanzenbach bei Dillenburg 623.
Naphtha 579.
Narbada 297.
Narwal 318. 435.
Nashörner 25. 330. 331. 342. 343. 346. 377. 407. 440. 446. 447. 453. 459. 467. 471.
Nassa 391. 395.
Nassau 114. 127. 153. 634.
Natal 297. 298.
Natchez 467.
Natica 79. 216. 391.
Naticella costata 194.
— striatocostata 200.
Nationalpark, nordamerikanischer 557.
Natiria costata 194.
Natolien 646.
Natriumkarbonat 665.
Natriumsulfat 665.
Natroborocalcit 667.
Natronsalpeter 657. 666.
Nattheim 211. 250. 251.
Nauheim 557. 558.
Nauplius 44.
Nautilinus 115.
Nautilus 26. 76. 80—83. 101 ff. 125. 166. 190. 191. 390.
— Koninckı 126.
— pompilius 74. 81. 104.
Naxos 650. 655.
Nazareth 273.
Nearktis 262. 274. 295.
Nebalia 87.
Nebraska 149. 298. 316. 412. 541.
Neckar 164. 181. 440.
Necrolemur 331. 375.
Negaunee 629.
Neiße 440.
Nematura 364.
Nematurella dalmatina 404.
Neocom 252. 270—272. 277. 291 ff.
Neogen 301. 312. 377.
Neotrinoiden 68. 69.
Neolimulus falcatus 83.
Neoplagiaulax 373.
Nepal 535.
Nephrit 653.
Nereites cambrensis 37. 38.
Nerinea 216. 251. 280. 296. 304.
— obtusa 251.
Neritina 403.
Neritopsis ornata 200.
Nero di Prato 652.
Nertschinsk 256. 526. 598.
Nesodontiden 357.
Netzflügler 137. 220.
Neubrandenburg 419.
Neubraunschweig 113. 156. 538.
Neuchâtel 270. 291. 420. 422.
Neuengland 461. 574.
Neue Welt bei Wiener-Neustadt 284. 300.
Neugradiska 390. 403.
Neuguinea 313. 483. 536.
Neuhaus 559.
Neuhof 433.
Neukaledonien 189. 204. 483. 536. 624.
Neumark 434.
Neumarkt in Franken 173.
— in Galizien 502. 503. 506.
Neumexiko 187. 316. 339. 372. 541. 593.
Neu-Moldawa 611. 612.
Neumaugen 112.
Neundorf 559.
Neupommern 536.
Neuropteris 137. 140.
— flexuosa 141.
Neusalzwerk 549.
Neuschottland 136. 148. 156. 184. 463. 538.
Neuseeland 26. 27. 168. 189. 204. 259. 260. 262. 265. 294. 295. 411. 469. 470. 483. 536. 557. 583. 591. 596. 653.
Neusibirien 258. 385. 444. 457—461.
Neustadt a. d. Orla 163.
— a. d. Leitha 505.
Neusticosaurus 177. 179. 227.
Neusüdwales 576. 596. 613. 622.
Neutitschein 502.
Neutraer Komitat 502.
Nevada 189. 373. 468. 555. 591. 595. 602. 616.
New Almaden 606.
Newcastle 148. 157. 571.
New Hampshire 460.
New Jersey 284. 287. 298. 459. 539. 629. 657.
New Red Sandstone 183.
New York 39. 46. 88. 98. 105. 184. 539. 548. 585. 586. 615. 629.
Niagara 98. 477.
Nicaragua 544.
Nickel 587. 623.
Nickelin 623.
Niederhäßlich 133. 134. 167.
Niederkalifornien 543.
Niedermendig 655.
Niederösterreich 192. 387. 390. 511. 512. 660.
Niederrhein 516.
Niederterrassenschotter 425.
Nikobaren 369. 535. 536.
Nikolsburg 501. 502.
Nil 408. 477. 478. 527. 528.
Nilpferde 330.
Nimraviden 330.
Nipoglio 664.
Nischapur in Persien 646.
Nishne Tagilsk 591. 598. 601. 629.
— Udinsk 445.
Nishnij Nowgorod 165. 428.
Niti 203.
Nizam in Ostindien 665.
Nizniow 253.
Noccioli 612.
Noeggerathia 143. 145. 146.
No Man's Island 459.
Nonsberg 500.
Norbotten 627.
Nordafrika 452. 487.
Nordalpen 165. 195—198. 494.
Nordamerika 50. 51. 113. 183. 372. 399. 404. 538. 548. 574. 579. 580. 592. 615. 617. 628. 656. 661.
— Vereisung 459 ff.
Nordasien 457.
Nordcarolina 184. 188.
Nordböhmen 557. 577.
Norddeutschland 93. 94. 419. 420. 517. 552. 553.
Norddevon 57. 385.
Nordeuropa 427—436. 521.
Nordfrankreich 10.
Nördlingen 379.
Nordsee 431.
Nordtirol 494.
Norfolk 435. 436. 444. 518.
Norische Alpen 493.
— Stufe 201.
Normandie 221. 247. 518.
North Downs 519.
— Wales 570. 615.
Norwegen 38. 92. 420. 428. 431. 454. 508. 517. 521. 522. 604. 612.
Norwich-Crag 407.
Nothosaurus 179. 192. 227.
Nototherium 468.
Nottingham 549.
Nowaja Semlja 150. 157. 253. 258. 264. 384. 526.
Nucula 78.
— lineata 200.
Nuggets 592.
Nulliporen 391.
Nummuliten 299. 304. 362—368.
Nummulites planulatus 362.
Nürnberg 173.
Nürschan 131.
Nusplingen 656.
Nußdorf 394.
Nutschitz bei Prag 626.
Nymphaea arctica 381.
Nyssa 381.

Oamaru 306.
Ob (Fluß) 384.
— -Lemming 453. 459.
Oberbayern 508.
Oberburg 370.
Oberer See 608. 609. 629.
Oberflächenmoränen 421.
Oberhalbsteiner Alpen 492. 493.
Oberitalien 369.
Oberkarbon 161. [512.
Oberösterreich 387. 390. 423. 511.
Oberschlesien 175. 253. 388. 392. 572. 614. 618. 619.
Oberschwaben 387. 420. 508.
Oberstein 648.
Oberungarn 557.
Obolus 37.
— Apollinis 35. 41.
Ochotskisches Meer 204. 385. 537.
Ochsenkopf bei Schwarzenberg 656.
Octopus 80.
Odenwald 164. 174. 510. 511.
Oder 440.
Odessa 400.
Odontoperna Bouëi 199.

Digitized by Google

Ofen 507. 558.
Offenbánya 599.
Oglio 422.
Ogygia 84. 90.
Ohio 106. 372. 399. 459. 580.
Ohiotier 463.
Oil City 581.
— Creek 581. 585.
Oisans 488.
Öl 582.
Öland 524.
Ölberg bei Braunau 167.
Olcostephanus gigas 251.
Old de Beers 640.
Oldenburg 432.
Oldhamia 170.
— decipiens 169.
Old red sandstone 118—120.
Olekminskischer Bezirk 598.
Olenek 204.
Olenellus 38—41. 48. 50.
— Kjerulfi 39. 41.
— Mickwitzi 37. 38. 41.
Olenus 36—39. 41.
Ölgase 580. 581. 583.
Oligocän 301. 302. 311—313. 361. 363. 364. 369. 370.
Oligocarpia Kliveri 141.
Oligodontidae 128.
Oliva 394.
Olivin 645.
Ölspringquellen 582.
Olymp 486.
Omphalie 280.
Omphyma 61.
Oncophora-Schichten 391.
Onegasee 435.
Oneidakonglomerat 98.
Öningen 309. 380. 381. 392.
Onondagadistrikt 98. 120. 548.
Ontario bei Park City 602.
Ontariosee 461.
Onyx 648.
Onyxmarmor 653.
Oolith 205. 207. 247.
Opal 638. 646. 648.
— edler 646.
Ophioglossaceen 143.
Ophiten 484.
Ophiuren 72.
Opilioniden 33. 138. 364.
Opossum 314.
Oppelia 243. 248. 257. 258. 282.
— aspidoides 207.
— Bachiana 249.
— tenuilobata 16. 207. 250. 251. 255.
Oppeln 363.
Opponitzer Kalke 196. 201.
Oraefajökel 429.
Oran 653.
Orangefluß 640.
Oravitza 611.
Orbulina 267.
Ordovician 90.
Örebro-Län 627.
Oregon 373. 543.
Orenburg 165. 299. 612.
Oreodon 349. 413.
Orgelkoralle 62.
Orientalischer Amethyst 643.
— Aquamarin 643.
— Chrysolith 643.
— Girasol 643.
— Hyacinth 643.
— Smaragd 643.
— Topas 643.
Oriskany-Sandstein 120.
Orizaba 544.
Orkadischer See 119.
Örkedal 612.
Orkney-Inseln 119. 431. 520.
Orla 163.
Orléans 352.
Orlow (Diamant) 642.
Ormorica-Fichte 364.
Ormus, Straße von 531.
Ornamentsteine 650.
Ornatenschichten 248. 257.
Ornithopoden 233.
Ornithorhynchus 313.
Orodus 127.
Orohippus 344.
Orta, See von 497.
Orthaspidotherium 373.
Orthis 69. 73.
Orthisina 69. 73. 90.
Orthoceras 20. 37. 82. 93. 101. 125. 166. 190.
— embryo 104.
— mundum 104.
— Neptuneum 76.
— truncatum 76.
Orthopoden 284.
Orthopteren 88. 137.
Ortler 493.
Ortonia 72.
Orycteropus 332. 360. 397.
Oscula der Schwämme 55.
Ösel 79. 93. 524.
Osmundaceen 143.
Osnabrück 173. 630.
Ossa 486.
Ostafrika 18.
Ostalpen 189. 193. 491. 493. 496.
Ostatlantis 378.
Ostchinesisches Meer 537.
Osteolepis 108. 109.
Österreichisch-Schlesien 502. 523.
Osterwald 289.
Ostgalizien 508. 551.
Ostindien 259. 576. 640. 644.
Ostpreußen 432. 517.
Ostracoden 46. 84. 86. 106.
Ostrau 154. 155. 573.
Östre-Risör 658.
Ostrea montis caprilis 199.
— Overwegi 297.
Ostsee 420. 431. 434. 435. 508.
Ostsibirien 262. 445.
Otoceras 203. 204.
Otocyon 319.
Ottern 328.
Ottnang 390.
Ottweiler Schichten 155.
Ötzthaler Alpen 493.
Oxfordstufe 207. 232. 247. 248. 250. 251. 257.
Oxus 482. 532.
Oxynoticeras 293.
— Gevrilianum 290. 293.
Ozokerit 566. 584.

Paarhufer 316. 324. 336. 341. 345ff. 374—376.
Pachuca 602.
Pachyacanthus 394.
Pachydermen 336.
Pachylemuria 333. 373. 374.
Pachynolophus 344. 374. 375.
Pachypleura 192.
Paffrath 101. 102. 114.
Palaeaster 66.
Paläechinus 128.
— elegans 124.
— sphaericus 124.
Palaeoblattina Douvillei 88.
Palaeochoerus 347.
Palaeoconchae 78.
Palaeocyclus 61.
Palaeodiscus 66.
Paläogen 301. 312.
Palaeohatteria 167. 168. 227.
— longicaudata 168.
Paläokrinoiden 68. 69.
Palaeomeryx 351.
Palaeonictis 326. 330.
Palaeoniscus 157. 166.
— Freieslebeni 167.
Paläontologie, Lücken der 13. 22.
Palaeophonus 88.
Palaeopithecus sivalensis 335. 410.
Palaeoreas 397.
Palaeoryx 397.
Palaeospondylus Gunni 112.
Palaeosyops 343.
Palaeotapirus 375.
Palaeotherium 320. 321. 338. 341 bis 345. 375. 376.
— magnum 341. 342.
— medium 343. 344.
Paläozoische Periode 5. 33ff.
Palapteryx 469.
Palästina 405.
Palau 536.
Palermo 203. 407. 443.
Palissaden des Hudson 184.
Palladium 587.
Palmen 271. 368. 380.
Palocsa 503.
Paloplotherium 341. 375.
Paludina 16. 290. 310. 403—405.
— Brusinai 403.
— diluviana 435.
— Forbesi 403.
— Fuchsi 312.
— Herbichi 312.
— Margariana 405.
— Neumayri 16.
— Pilari 312.
— Sturi 312.
Pamir 203. 262. 302. 367. 482. 531. 532. 535.
Pampa del Tamarugal 666.
Pampas 300. 371. 401. 413.
Panama 413. 415. 482. 544.
Panchetschichten 159. 186.

Digitized by Google

Pandschab 410. 529. 532. 548. 583.
Pannonisches Becken 388. 393.
Panochtus 466. 467.
Panopaea norvegica 407. 443.
Panther 331. 401. 451.
Pantholops 411.
Pantoffelmuschel 99.
Pantolambda 339.
Pantolestes 346. 349.
Panzerfische 33. 87. 106. 109. 127.
Papageien 379.
Papierkohle 564.
Pappeln 272. 380—382. 385. 435.
Papua 262. 537.
Parab 559.
Paradoxides 37. 38—41. 50.
Paraffin 564. 582. 584. 585.
Paraguay 463.
Parajd 552.
Parameles 314.
Paraná 371. 401.
Paraxonia 341.
Pareiasaurus Baini 185.
Pariser Becken 173. 297. 302. 311. 315. 341. 343. 348. 361—366. 374. 391. 507. 517. 523. 655.
Parisien 312. 362.
Parkinsonia ferruginea 207. 253.
— Parkinsoni 207. 247. 253.
Parma 583.
Paros 650.
Parran 615.
Parschlug 380.
Partanosaurus 192.
Partlat bei Golkonda 642.
Partnachschichten 195. 201.
Pasco 602.
Passage beds 92.
Passau 253. 389. 660. 661.
Pasterzengletscher 423. 429.
Patagonien 294. 314. 371. 411. 413. 456. 462. 463. 544.
Patioprozeß 607.
Patricksinsel 258.
Paviane 9.
Pavonazzo 652.
Pazifischer Ozean 298. 378. 404. 416. 483. 530. 538.
Peak-Mine 613.
Pechelbronn 583.
Pechkohle 564.
Pecopteris 140.
— dentata 141.
Pecten 278.
— acuteauritus 183.
— denudatus 390.
— filosus 199.
— islandicus 434.
Pegmatobranchia 73. 74.
Pegu 644. 646.
Pehuenche-Schichten 371. 377.
Peißenberg 370. 509.
Pekari 9. 323. 324. 347. 463. 465.
Pelecypoden 77.
Pelikane 379.
Pelion 486.
Peloponnes 402. 405. 485.
Peloritanisches Gebirge 486.
Pelosaurus 132.
Pelosaurus laticeps 133.
Peltastes 214.
Peltocaris 86.
Peltoceras 243. 248.
— athleta 207. 248.
— bimammatum 16. 207. 250. 251.
— transversarium 207. 250. 251.
Pelvoux 488. 489. 505.
Pemphix Sueuri 178.
Penaeus 218. 223.
Peñalara 437.
Peninischer Klippenzug 503.
Penninkette 518.
Pennsylvanien 459. 563. 573—575. 579—581. 585. 586. 615. 629.
Pensberg 370. 509.
Pentacrinus 31. 64. 210. 213.
— briaroides 212.
— tuberculatus 207. 246.
Pentamerus 74.
— baschkiricus 120.
Pentatrematites 122.
— florealis 123.
Penteliton 334. 400. 650.
Pentremites 122.
Pepiten 601.
Peratherium 315.
Periadriatische Brüche 500.
Peridot 645.
Perim, Insel 410.
Perioden, geologische 5. 7.
Periptychus 336. 337. 346.
Perisphinctes 248.
— Tiziani 249.
— transitorius 207. 251.
— virgatus 257.
Perissodaktylier 316. 336.
Perlebo 192.
Perm 5. 33. 121. 155. 162—170. 548. 612.
Pernambuco 298.
Persien 261. 278. 297. 332. 360. 366. 380. 388. 393. 397. 401. 531. 549.
Persischer Meerbusen 531.
Persoonia 272.
Pertisau 255.
Peru 189. 259. 297. 602. 657. 666.
Petalia longialata 225.
Petersberg bei Maastricht 283.
Petersburg, s. Sankt Petersburg.
Peterswalde a. d. Lahn 614.
Petroleum 566. 579.
Petroleumäther 585.
Petroleumcentre 581.
Petrolia City 581.
Petrowsk 582.
Petschora 293.
Peuce succinifera 649.
Pfäfers 559.
Pfalz 164. 511. 516.
Pfeifenthon 659.
Pfeifhasen 450.
Pferde 316. 317. 320—323. 336. 342—346. 379. 402. 406. 410. 411. 413. 435. 440. 448. 463. 464. 467. 468.
Pferdespringer 442. 450.
Pflanzenfossile 139. 140.
Pflanzenfresser 314.
Pflanzengeographie 8.
Pflastersteine 655.
Pflugstein 419.
Pfonsjoch 255.
Phacochoerus 320.
Phacops 42. 90. 106.
— latifrons 43.
Phalangium 138.
— parietinum 138.
Phaneropleuron 129.
Pharetronen 56.
Phasianella 395.
Phasmiden 137.
Pflanzen der alpinen Trias 193.
— der Kohlenformation 139 ff.
— devonische 113.
— permische 168.
— silurische 88.
— Zahl der 21.
Phenacodus 322. 324. 338. 344. 354. 372.
— primaevus 336. 337.
Phenakit 646.
Philippeville 614.
Philippinen 12. 367. 370. 409. 411. 537.
Phillipsia 125. 126.
Pholadomyen 216.
Phosphorit 375. 657. 658.
Photogen 564. 585.
Phragmoceras 83. 90. 101.
Phryganiden 309. 310.
Phyllite 35. 40.
Phylloceras 190. 216. 218. 243. 254. 257—260. 298.
— tortisulcatum 103.
— Zetes 219.
Phyllocrinen 211.
Phyllolariden 46. 87.
Phyllopoden 86. 87. 135.
Phyllotheca 157. 158.
Physa 310.
— gigantea 311.
Phytopaläontologie 139.
Picea Engleri 364.
Pictetia 281. 291.
Piemont 396. 402.
Pierre à la Bot 419. 420.
Piesberg bei Osnabrück 573.
Pieve di Cadore 497. 499.
Pik von Orizaba 544.
— von Tanzitaro 544.
Pikermi 332. 334. 348. 350. 352. 353. 396. 400. 401.
Pilato, Berg 656.
Pilsener Becken 573.
Pinacoceras Metternichi 190.
Pindus 485. 486.
Pinnipedier 330.
Pinto 601.
Pinus Feildeniana 381.
— polaris 381.
Pirna 440.
Pisa 442. 557.
Pisidium 310. 403.
Pistazit 646.
Pistyan 559.

Digitized by Google

Pithecanthropus erectus 334. 335.
Pithole City 586.
Pitt (Diamant) 641. 642.
Pittsburg 567.
Piz Alv 493.
Placentaltiere 313. 316 ff. 327.
Placodontier 179.
Placuna 393.
Plagiaulax 189. 240. 288. 313. 314. 319.
Plagiozamites 146.
Plakodermen 109. 110.
Pläner 270. 297.
Planitz 569.
Planorbis 290. 310. 400.
— cornu 311.
Plasma 647.
Platanen 272. 381. 382.
Plateaujura 509.
Platin 587. 600. 601.
Plattelkohle 565.
Platten 621.
Plattenkalke 251. 509. 656.
Plattensee 400. 507.
Platykriniden 101.
Platyrhinen 333.
Platysomus 167.
Plauenscher Grund 167. 573.
Plavischewitza, Banat 634.
Pleasantville 581.
Pleistocän 301. 417—479.
— alpines 421—427.
— Flora 454.
Pleonast 644.
Plesiosaurus 131. 171. 227. 229. 246. 285. 286. 303.
Pleuraspidotherium 373.
Pleurodictyum americanum 60.
— problematicum 60. 114.
Pleurodira 182.
Pleurophorus costatus 165.
Pleurotoma 14. 362. 363. 391. 394.
Pleurotomaria 79. 125.
— radians 200.
Pleurotomariden 79. 125. 216. 280.
Plewna 392.
Pliocän 301. 311—313. 330. 361. 377. 396—409.
— mittleres 402—407.
— oberes 407—409.
— unteres 396—401.
Pliohippus 344.
Pliopithecus 334. 335.
Ploki bei Krakau 619.
Plumulites 85. 87.
Plymouth 518.
Po 388. 402. 478. 483.
Podolien 253. 508. 525. 657.
Poebrotherium 349.
Point Stirley 461.
Poitou 518.
Polararchipel 258. 460. 539.
Polarfuchs 27. 436. 456.
Polarweide 427. 456.
Polau 501.
Pole, Lage der 383 ff. 474.
Polen 41. 154. 419. 431. 514.
Polflüchtigkeit der Organismen 27.
Poliermittel 655.
Pollicipes signatus 84. 87.
Polygonum viviparum 427. 436.
Polyhalit 553.
Polynesien 536.
Polypen 21.
Polypodiaceen 143.
Polypterus 107. 129.
Polystomella strigillata 52.
Pommern 419. 432. 517.
Pondicherri 297. 298. 530.
Pontgibaud 615.
Pontische Stufe 396 ff. 426. 531.
Pont-Levoy 454.
Popocatepetl 544.
Populus arctica 382.
Porambonites 90.
Porcellia 79. 125. 191.
Porfido rosso antico 653.
Porites 380.
Porocrinus 66. 71.
Porphyr 165. 653. 655.
Porphyrit 653.
Portage-Gruppe 120.
Portalegre in Portugal 658.
Port Elizabeth 259. 529.
Port-Jacksons-Hai 127.
Portlandstufe 250. 251.
Portlandzement 654. 656.
Port Said 378.
Portugal 243. 259. 273. 274. 290. 296. 297. 387. 437. 555. 610. 664.
Porzellanerde 659.
Posen 432. 553.
Posidonienschiefer 222. 246.
Posidonomya alpina 31.
— Becheri 125. 126. 153. 155.
— Bronni 246.
Posidonomyenschiefer 230. 246.
Potamides 364.
Potamochoerus 331.
Potamogeton Nordenskiöldi 381.
Potenza 487.
Poteriokriniden 101.
Potomacflora 272. 273.
Potomacformation 272. 290. 295.
Potosí 385. 602.
Potsdam 383.
— -Sandstein 39—41. 608.
Pottfische 361.
Pottlot 661.
Pötzleinsdorf 391.
Poullaouen 615.
Pozoritta 202.
Prachtkäfer 220.
Prag 383. 512.
Prähistorisches 547. 559. 622.
Prahowa 583.
Präkambrium 34. 35.
Prämolaren 318.
Prärie, amerikanische 541.
Prasem 647.
Prasopal 648.
Prättigau 492.
Precious Nugget 597.
Predazzo 497. 498.
Preißelbeere 425.
Preobraschenie-Insel 258.
Presanella 497.
Preßburg 505.
Prestwichia Danae 83.
— rotunda 83.
Prezzokalk 201.
Přibram 40. 41. 604. 614.
Primaten 316. 325.
Prinz-Albrechts-Insel 385.
— -Patricks-Land 264.
— -von-Wales-Insel 385.
Proaëlurus 329.
Proboscidier 316. 336. 354 ff. 378.
Procavia syriacus 338.
Prodremotherium 351.
Prodryas Persephone 309.
Productus 73. 123. 155. 166. 170.
— complectens 124.
— Cora 124.
— giganteus 124. 155.
— horridus 125. 166.
— longispinus 125.
— mesolabus 155.
— semireticulatus 124. 125.
— -Kalk 170.
Proëtus 84. 90. 91. 106.
Profile, geologische 31.
Proganochelys 182.
Prographularia 192.
Prolecanitiden 190.
Promathildia subnodosa 200.
Propalaeotherium 341. 362. 375.
Prorastomus 358.
Proscorpius 88.
Proselachier 106.
Prosobranchiaten 310.
Prosopon Stotzingense 225.
Prososthenia 405.
— Tournoneri 404.
Prospelt Mountain 39. 617.
— Peak 39.
Protaster 66.
Protea 272.
Proteaephyllum 272. 274.
Prothylobates 335.
Protogonia 374.
Protohippus 344.
Protolabinen 349.
Protolycosa anthracophila 138.
Protolyellia 37.
Protophasma 135.
Protopterus 128.
Protoreodon 349.
Protorosaurus 167. 168.
Protozoen 51.
Protrogomorpha 359.
Proustit 602.
Provence 300. 309. 485.
Provinz, juvavische 198.
Provinzen des Jura 243.
— tier- u. pflanzengeogr. 8. 18.
Proviverra 317. 326. 375.
Provo-Terrasse 461. 462.
Prüm 114.
Pruth 525.
Przibram s. Přibram.
Psammodus 127.
Psaronius 142.
Pseudastacus 219.
Pseudomonotis 191. 295.
— Clarae 194.

Digitized by Google

Pseudomonotis ochotica 204.
— speluncaria 165. 166.
Psiloceras 218. 245.
— planorbis 207. 244. 245.
Psilomelan 633.
Psilophyton 113. 116.
Pteranodon 284. 287.
Pteraspis 110. 111.
Pterichthys 111. 112.
Pterinea 78.
Pteroceras-Schichten 251.
Pterodactylus 4. 171. 229—233. 287. 303.
Pterodon 325. 326.
Pterokorallien 172.
Pterophyllum 180.
Pteropoden 390.
Pterosaurier 229. 230. 285.
Pterygotus anglicus 85. 117. 119.
— bilobus 85.
— problematicus 85.
— taurinus 85.
Ptychites dux 178.
Ptychoceras 291.
Puddingsteine 655.
Puercoschichten 336. 346. 372. 373.
Puerto Principe 656.
Pugetgruppe 300.
Pulchellia 282. 291.
Pulkowa 383.
Püllna 558. 666.
Pulmonaten 310.
Pupa 136.
— muscorum 440.
— vetusta 134.
Purbeckschichten 220. 221. 229. 240. 250—252. 289.
Purpura lapillus 37. 38.
Pusterthal 199. 496.
Puzzuoli bei Neapel 664.
Pyargyrit 602.
Pygaster 213. 214. 275.
— umbrella 217.
Pyrenäen 367. 368. 437. 452. 455. 483. 523.
Pyrenäenhalbinsel 98.
Pyrgula Haueri 404.
— pagoda 404.
Pyrgulifera 300. 301.
Pyrit 625.
Pyrmont 559.
Pyroluſit 633.
Pyrop 645.
Pyropiſſit 564. 585.
Pythonomorpha 283.

Quaderſandſtein 270. 297.
Quallen 21. 37. 55. [443 ff.
Quartärformation 5. 301. 417 ff.
Quarz 646. 663.
Quarzit 655.
Quarzgänge 591. 603.
Quarzkatzenauge 647.
Quarzporphyr 162.
Quarzſandſtein 661.
Queckſilber 587. 605—608.
Queckſilberhornerze 606.
Queensland 109. 128. 180. 262. 576. 591. 596. 613. 622. 623.
Quellen 556—559.
— alkaliſche 558.
— heiße 557.
— Mineral- 556.
— ſaliniſche 557.
— ſüße 556.
Quercy 331. 375. 658.
Quirinusöl 579. 583.

Raab 507.
Rädertierchen 21.
Radiolarien 10. 34. 35. 46. 53. 54. 208. 209. 306.
Radiolites 279.
Radmaneſt 400.
Radoboj 309. 380. 663.
Radowenzer Schichten 155.
Radſtadter Tauern 496.
Ragaz 422.
Raibler Schichten 180. 192—201. 614.
Rajmahalſchichten 187.
Rakonitz 573.
Rallen 379.
Rammelsberg b. Goslar 610. 611.
Rangifer tarandus 449.
Raphistoma 79.
Rappakiwi-Granite 432.
Raſenerz 631.
Raſenkorallen 380.
Rastrites 62.
— Linnéi 61.
Rathausberg bei Gaſtein 599.
Ratiten 287. 288. 469. 470.
Rätiton 492.
Rätiſche Ablagerungen 179. 182. 183. 197. 201.
Ratten 314. 468.
Ratzes in Tirol 559.
Raubtiere 316. 317. 319. 322. 325. 327. 375. 379.
Raubvögel 379.
Rauchwacke 163.
Rauhe Alb 509.
Rauriſer Goldberg 599.
Raute 637.
Raxalpe 495.
Reading 362.
Realgar 635.
Recoaro 193. 194. 198. 201. 202. 497. 500. 558.
Rè di Caſtello 497.
Redington 607.
Red River 170.
Regensburg 253. 511.
Regent (Diamant) 641. 642.
Regentropfen, foſſile 175. 185.
Reggio 583.
Reh 435. 449.
Rehburg 559.
Rehme 558.
Reichenau 626.
Reichenhall 195. 201. 369. 558.
Reiflinger Kalke 192. 195. 201.
Reiher 379.
Reims 362. 373.
Reinerz 558.
Reingrabener Schiefer 196.
Rennagen 516.
Renntier 27. 436. 449. 453. 471.
Reptile 3. 33. 130. 131. 167. 171. 178. 181. 186. 222. 283. 303.
Retinit 566.
Retiolites Geinitzianus 61.
Retzia 20. 74. 101. 197.
— Laubei 200.
— trigonella 177.
Reußgletſcher 422.
Reutlingen 210. 213.
Reutte 195. 201.
Rhabdoceras 190.
Rhacopteris 143.
Rhamphorhynchus 230. 231.
Rhaphina in Attika 400.
Rhea 9. 464. 467. 469.
Rhein 113—115. 120. 153. 375. 422. 428. 431. 440. 478. 490. 492. 494. 511. 515. 516. 599.
Rheiniſches Schiefergebirge 99. 106. 515. 516. 522. 523.
Rhinoceros 9. 316. 322. 323. 330. 332. 336. 338. 342. 343. 379. 397. 402. 406. 410. 411. 435. 436. 439. 443. 445. 453.
— antiquitatis 447.
— etruscus 447.
— leptorhinus 447.
— Merckii 425. 446. 447.
— tichorhinus 446. 447. 458.
Rhipidocrinus crenatus 100.
Rhizocrinus Loffotensis 63.
Rhizome 142. 145.
Rhode's Marſh 667.
Rhodocrinus 64. 101.
Rhododendron ponticum 426. 427.
Rhodos 403. 405. 407. 408. 443.
Rhombenporphyre 432.
Rhön 510. 511. 515.
Rhône 387. 392. 400. 402. 420. 422.
Rhynchocephalen 227.
Rhynchonella 45. 48. 70. 74. 101. 192. 214.
— cornigera 70.
— cuboides 70. 115.
— dimidiata 70.
— Henrici 70.
— lacunosa 70.
— polymorpha 368.
— quinqueplicata 70.
— Vilsensis 70.
Rhyolith 655.
Rhytina 358.
Richmond in Virginia 656.
Riechelsdorf 163.
Riechlappen 317.
Riedgräſer 381.
Ries 379.
Rieſengebirge 414. 437. 438. 599.
Rieſengürteltier 359.
Rieſenhai 286.
Rieſenhirſch 435. 436. 443. 448. 449. 453.
Riffkorallen 24. 26. 56. 57. 150. 243. 260. 296. 368. 391.
Riffſtein 115. 163. 196.
Rigi 370. 491.
Rilo Dagh 437.
Rilly 362.

Digitized by Google

Rinder 320. 345. 350—353. 402. 406. 410. 411. 435.
Rio Albano 627.
— Tinto 610.
— Vigneria 627.
Rion 530. 531.
Ripa in Modena 607.
Rippoldsau 558.
Rixdorf 428. 436. 453.
Rjäsan 574.
Robben 330.
Robertsthal 157.
Rochen 106. 127. 128. 167.
Rocky Mountains 184. 372. 373. 478. 482. 539—543.
Rodnaer Alpen 439.
Rodriguez 452.
Rognac 300.
Rohhammer (Norwegen) 634.
Rohitsch 558.
Rollsteinlava 429.
Rom 402. 407.
Roman-Zement 654.
Rome 46.
Römer, Bergbau 547. 559. 614. 615.
Ronca 368.
Röraas 612.
Rosaliengebirge 501.
Rosenberge 433.
Rosenquarz 647.
Rosette 637.
Rossitz 573.
Röt 175. 194.
Rotalia 267.
Roteisenerz 624.
Rötel 662.
Rotes Meer 11. 12. 332. 378. 397. 408. 527. 528. 663.
Rotgiltigerz 602.
Rotkupfererz 608.
Rotliegendes 155. 162.
Rott 380.
Rottenmann 496.
Rotti 161. 170. 262. 295.
Roussillon, Becken von 485.
Roy-Darkau 558.
Rubellit 645.
Rubin 637. 643.
Rubizell 644.
Rückenmark, verlängertes 317.
Rückzugsmoränen 433.
Rüdersdorf 428. 431. 517.
Rudianst 613.
Rudisten 278—280. 291. 296. 297. 304.
Rügen 266. 297. 662.
Rugosen 58.
Ruhla 163.
Ruhrgebiet 566. 572. 658.
Rumänien 202. 388. 394. 398. 400. 403. 439. 501. 549.
Rumpelsberg (Thüringen) 634.
Rumpfgebirge 480.
Rundhöcker 421. 431.
Rundmäuler 112.
Runzelkorallen 58.
Rupelthone 363.
Ruscheln, faule 604.
Rüsselkäfer 220.
Rüsselträger 316. 354. 378.
Russische Tafel 508. 524 ff. 539.
Russisch-Polen 243. 253. 453. 508. 514.
Rußky-Insel 204.
Rußland 18. 37. 88. 119. 154. 183. 187. 418. 419. 421. 431. 448. 524—526. 534. 612. 657.

Saale 440.
Saalfeld 163.
Saarbrücken 154. 155. 164. 167. 173. 516. 572.
Saargebiet 164. 567. 572.
Sachalin 299. 382. 385. 537.
Sachsen 97. 134. 164. 253. 270. 297. 428. 431. 432. 514. 523. 660.
Sächsische Schweiz 269. 270. 513.
Sacramento 543.
Sageceras Haidingeri 103.
Saginawdistrikt von Michigan 548.
Sagopalmen 4. 24. 33. 146. 171. 272. 380.
Sagor 370.
Sahara 9. 297. 302. 332. 367. 472. 527. 528. 654.
Saidschitz 558. 666.
Saiga-Antilope 441. 442. 449. 459.
Saimabecken 433.
Saint-Baume 485.
— Davids 36.
— Etienne 517. 573.
— Gaudens 333. 334.
— Hippolite 375.
— John-Schichten 39. 41.
— Lô 34. 35.
— Louis 630.
— Paul 414. 648.
— Quen 362.
Sajan-Gebirge 445.
Salamander 129.
Salenia 213. 214. 275.
Salina 548.
Salindres 665.
Salins 549.
Salisburiaceen 271.
Salix assimilis 273.
— polaris 436.
Salles 392.
Salomon-Inseln 483. 536.
Salonkohle 564.
Salpausselkä 433.
Salpingostoma megastoma 71.
Salsen 583.
Salso 649.
Salt-Range, s. Salzkette.
Saluën 535.
Salz 547 ff.
Salzach 423. 494. 495. 501.
Salzburg 180. 193. 198. 300. 387. 423. 494. 495.
Salzflöze 550.
Salzgärten 555.
Salzgitter 174.
Salzkammergut 194. 198. 254. 554.
Salzkammern 550.
Salzkette 170. 203. 548. 551. 654.
Salzlager 163. 174. 176. 548—554.
Salzsee 461. 479. 543. 555.
Salzsteppen 555.
Salzungen 549.
Samara 299.
Samland 364. 365. 649.
Samos 332. 360. 396.
Samsin 664.
San Sebastiano de Seni 574.
— Domingo 601.
— Giovanni Ilarione 368.
Sancy (Diamant) 641. 642.
Sand 663.
— Springs 667.
Sandkohle 565.
Sandomir 514.
Sandstein 501. 502. 655. 663.
— alter roter 118—120.
— flözleerer 153.
Sankt Andreasberg 604.
— Cassian 191. 192. 194. 201.
— Gallen 425.
— Petersburg 35. 51. 383. 508. 524. 548.
— Pölten 501.
— Veit 501.
Santa Cruz 413.
— — -Formation 371. 376. 377.
— Fé 541.
Santafiore 656.
Sao hirsuta 45.
São Paulo 596.
Saphir 637. 643.
— brasilischer 645.
Saphirin 644.
Sapindopsis 273.
— magnifolia 273.
Sapindus 272. 273.
Sappada 500.
Sarajewo 198. 202.
Sarca 422.
Sardellen 106.
Sarder 647.
Sardinien 41. 51. 88. 98. 391. 483. 486. 619.
Sargassomeer 147.
Sarmatische Stufe 393—396.
Saroser Komitat 503.
Saskatschewan 460. 541.
Sassafras 272—274. 382.
Satledsch 411.
Saucats 388. 392.
Sauerland 113. 516.
Säuerlinge 556—558.
— einfache und alkalische 558.
Säugetiere 23. 171. 240. 288. 303 308. 313. 316 ff. 378. 387. 394. 396. 401. 452.
— alttertiäre 373—377.
— Fußbau der 322—324.
— Gebiß der 318—322.
— Gehirn der 316. 317.
— zahnarme 359.
Säulenkap 526.
Saurier 3. 195.
Sauropoden 231. 232.
Sauropterygier 227.
Save 390. 398. 403.
Savoyen 490. 494. 574.
Saxicava arctica 407. 434.

Digitized by Google

Sazawagebiet 598.
Scaphaspis 110.
Scaphites 281. 282.
— spiniger 281.
Scelidosaurus 232.
Scelidotherium 466.
Schaben 171.
Schabrackenhyäne 451.
Schachtelhalme 4. 33. 141. 157. 171. 174. 271. 272. 425.
Schachtsalz 550.
Schafe 345. 347. 350—353. 411. 450.
Schaftklosser 128.
Schalenkrebse 87.
Schambelen 220. 225.
Schansi 555. 575.
Schar Dagh 437.
Schatzlarer Schichten 154. 155.
Scheidenmuscheln 389.
Schelch 449.
Schemnitz 506. 588. 591. 599. 604.
Schensi 575.
Schieferkohle 427. 564.
Schieferschwarz 661.
Schildkröten 129. 171. 182. 229. 286. 303. 394. 410. 466.
Schildkröten-Insel 452.
Schilfrohr 381. 425. 436.
Schilfsandstein 180.
Schimpanse 9. 335. 410.
Schio 500.
— -Schichten 389.
Schistes lustrés 488.
Schizäaceen 143.
Schizodus obscurus 165. 166.
Schizoneura 157. 158.
Schladming in Steiermark 623.
Schlagende Wetter 562.
Schlagendorfer Spitze 506.
Schlaggenwald 621. 622.
Schlammvulkane 583.
Schlan 573.
Schlanders im Vintschgau 652.
Schlangen 129. 171. 283. 303.
Schlangenbad 557. 559.
Schlangenberg bei Smeinogorsk im Altai 605.
Schlangensterne 72. 192.
Schlankaffen 334. 410.
Schleireule 379.
Schleifsteine 655.
Schlern bei Bozen 199—201.
Schlesien 99. 105. 153. 154. 164. 173. 290. 291. 392. 431. 432. 514. 660.
Schleswig 297. 366. 387. 432. 434. 517.
Schlier 390.
Schliersee 423.
Schloenbachia 282. 294.
— varicosa 294.
Schlotheimia 245.
— angulata 207. 244—246.
Schluderbach 500.
Schmalnasen 333.
Schmecks 439.
Schmelzschupper 106. 166.
Schmetterlinge 136. 220. 309.
Schmiedekohle 565.
Schmieröl 585.
Schmirgel 655.
Schmölnitz 612.
Schnabeltiere 8. 27. 313. 318. 359. 468.
Schnecken 33. 39. 46. 75. 79. 125. 191. 215. 280. 308. 370.
Schneckenstein bei Auerbach 644.
Schneeball 381.
Schneeberg 495. 604.
Schnee-Eule 452.
Schneegrenze der Eiszeit 455. 456.
Schneehase 450.
Schneehühner 452. 453.
Schneekoppe 437.
Schnellkäfer 220.
Schnepfen 379.
Schnitt, gemischter 638.
— mugeliger oder muschelischer 637. 638.
Schoharie-Sandstein 120.
Schollenland, westeuropäisches 507 bis 524.
Schönebeck 552.
Schonen 92. 93. 361. 428. 431.
Schöningen 549.
Schörl 645.
Schoßnitz 380.
Schotterterrasse, fluvioglaziale 424.
Schottgebiet 472.
Schottland 41. 112. 118. 120. 153. 155. 187. 303. 443. 520. 522. 663.
Schrammen 421. 431.
Schrattenkalk 292.
Schreibkreide, weiße 266 ff. 662.
Schreinbachgraben 255.
Schreyeralpe 198.
Schuppenbäume 4. 143. 144.
Schuppenstruktur 494. 495.
Schuppentiere 9. 316. 332. 359. 360.
Schwaben 205. 206. 210. 213. 221. 222. 451. 509. 510. 584.
Schwäbisch-Hall 549.
Schwäbische Alb 389. 656.
Schwabweiler 583.
Schwaden 562.
Schwadowitzer Schichten 155.
Schwagerina 121.
Schwalbach 559.
Schwämme 46. 274. 306.
Schwarzbach in Böhmen 660.
Schwarzenbach 427. 436.
Schwarzenort im Kurischen Haff 649.
Schwarzerde 661.
Schwarzes Meer 393. 397—399. 409. 416. 427. 478. 483. 526. 527. 531.
Schwarzwald 154. 164. 173. 363. 437. 487. 489. 507. 509. 510. 522. 523.
Schwatz 626.
Schwaz 97. 496.
Schweden 92. 297. 420. 428. 432. 434. 436. 454. 508. 517. 522. 524. 612. 619. 627.
Schwefel 663. 664.
Schwefelkies 566. 624.
Schwefelquellen 556. 557. 559.
Schweine 316. 319. 322. 323. 336. 341. 346. 347. 375. 379. 397. 410.
Schweiz 251. 370. 382. 387. 389. 396. 419. 425. 427. 436. 491.
Schwerspat 663.
Schwertlilien 382. 436.
Schussenried 448.
Schylthal 370.
Sciurus 413.
Scopeliden 283.
Sculda pennata 225.
Scutella 387. 388.
Secret-Cañon-Schiefer 39.
Sedimentärzonen 488. 588.
Sedlitz in Böhmen 558.
Seealpen 161. 488.
Seeberg 419.
Seebinse 425.
See-Erz 631.
Seefeld 192. [394.
Seehunde 135. 314. 316. 325. 330.
See-Igel 22. 64. 66. 123. 156. 209. 211—214. 217. 248. 268. 275 bis 277. 304. 307. 368. 389. 391.
— irreguläre 213. 217. 275.
Seekatzen 127.
Seekopf 116.
Seekühe 316. 336. 358.
Seeland (Insel) 266. 431.
Seelilien 22. 64. 66. 209. 275.
Seengebirge (Alpen) 492. 493. 498.
Seerosen 380. 381. 425. 435.
Seesalz 555.
Seeschwämme 55.
Seeschwalben 288.
Seesterne 46. 64. 66. 72. 99.
Seetaucher 288.
Seewalzen 64.
Segeberg bei Hamburg 553.
Seggen 381.
Sehlappen 317.
Seidlitz 666.
Seifen 591. 592. 597.
Seifenbaum 272. 273.
Seißer Alpe 194. 201.
Selache 26. 106. 128. 222.
Seladonit 662.
Selaginella 144.
— spinulosa 143.
Selenobunodonten 321. 347. 348.
Selenodonten 321. 324. 341. 346.
Selters 558.
Semmering 389. 495.
Semionotus 181.
Semnopithecus 334.
Senarmontit 635.
Seneca-Öl 579.
Senegal 407. 597.
Senegambien 378.
Senftenberg in der Lausitz 561.
Senon 270. 271. 277.
Sentis 491.
Sepia officinalis 73.
Septarienthone 363.
Sequoia 380—382. 385.
— Langsdorffi 382.
Serbien 364. 392.

Digitized by Google

Sergipe 298.
Serpentine 484. 652.
Serpentino ner' antico 652.
Serpentinſand 388.
Serpula 114.
Serpulit 251.
Serra da Eſtrella 437.
Serravezza 652.
Serval 451.
Seſchellen 261.
Sette Comuni 499.
Setſchuan 575.
Sevilla 387.
Sezanne 362.
Sheffield 570.
Shetland-Inſeln 431. 454. 520.
Shrewsbury 570.
Shropſhire 566. 614.
Siberit 645.
Sibilliniſche Berge 437.
Sibirien 25. 150. 189. 204. 258. 261. 264. 265. 293. 299. 382. 385. 444. 447. 448. 454. 457—459. 524. 526. 556. 644. 653. 661.
Sibyl Head 118.
Siderit 624. 625.
Siebenbürgen 202. 297. 368. 370. 388. 390. 398. 439. 501. 507. 547. 549—552. 557. 599.
Siegelbäume 4. 143. 145.
Siegener Grauwacke 120.
Siegerland 516.
Siena 402. 662.
Sierra de Gador 615.
— de Gredo 437.
— de Guadarrama 437.
— de Santa Marta 455. 462. 475.
— Morena in Spanien 607. 615.
— Nevada 184. 221. 259. 316. 437. 461. 462. 478. 482. 486. 487. 538. 543. 592. 594.
Sigillaria 33. 113. 143. 145. 147. 150. 157. 168. 169.
Sigmaringen 422.
Sigmoide 493.
Silber 587. 601—605.
Silberglanz 602.
Silberſchiefer 607.
Silberwurz 427.
Silesites 291.
Sillian 499.
Silo (Felsriff) 406.
Silur 5. 6. 33. 51 ff.
— in den Alpen 97. 98.
— in Amerika 44. 63. 98.
— in Böhmen 43. 94—97.
— in England und Wales 90—92.
— in Rußland 42. 43. 93.
— in Skandinavien 92. 93.
Silurfauna 23. 51. 88.
Silurflora 88.
Silurkolonien 96. 97.
Silvrettamaſſe 492. 493.
Simbirsk 293. 299. 657.
Simmenthaler Kette 491.
Simoceras 243. 254. 257—259. 282.
Simocyon 397.
Simonova 382.
Simorre 353.
Simosaurus 227.
Sinai-Halbinſel 12. 150. 527.
Sind 410.
Singcikaden 220. 380.
Singö (Inſel) 627.
Siniſche Ketten 481.
Sinope 662.
Sinopel 599.
Sinterkohle 565.
Sinterterraſſen 483.
Siphoneen 88. 193.
Siphonien 274.
Siphonoſtomen 308.
Sirenen 135. 316. 336. 358.
Sitka 384.
Sitten 420.
Siut, Ägypten 653.
Sivalikbildungen 334. 335. 347. 351. 354. 396. 410. 411. 452. 532. 533.
Sivatherium 350. 351. 354. 397. 410.
Siwah 393. 528.
Sizilien 170. 189. 203. 207. 255. 347. 364. 388. 390. 391. 406. 407. 446. 448. 478. 486. 527. 549. 663.
Shetlandinſeln 119. 261.
Shropſhire 41. 91.
Skandinavien 37. 88. 262. 427. 428. 443. 454. 455. 508. 623.
Skaptar Jökull 536.
Skarabäen 636.
Skiathos 650.
Skonzaſchiefer 607.
Skorpione 33. 88. 137. 156.
Skutterud 623.
Skye 520.
Slanik 584.
Slatouſt im Ural 592.
Slawonien 370. 388. 399. 403.
Slimonia 85.
— acuminata 82.
Slouper Höhle 451.
Smaltin 623.
Smaragd 644.
— braſilianiſcher 645.
Smilodon 330.
— neogaeus 330.
Smiths-Eiſenberg 629.
Smithſonit 618.
Smolensk 525.
Snarum 623.
Snow Maß 543.
Soda 665.
— Lake 665.
Soden 558.
Soffioni 667.
Sohlengänger 322.
Sohlenkalkſtein 619.
Soimonow 598.
Soiſſons 362.
Solaröl 585.
Solen 556. 558.
Solen caudatus 198.
Solenomya Doderleini 390.
Solfataren 556.
Solnhofen 209. 211. 218—223. 225. 226. 229. 231. 236—238. 251. 252. 656.
Solquellen 556.
Solothurn 221. 229. 250. 656.
Soltau 435.
Somma 497.
Sonneberg 97.
Sonnenſtein 643.
Sonora-Mine in Kalifornien 661.
Sonthofen 368. 425.
Soonwald 113. 516.
Soßwa 299.
Sötenich 630.
Sotzkaſchichten 370.
South Downs 519.
— Joggins 148.
— Wales 570.
Spaa 559.
Spaltenfüllungen 588.
Spanien 41. 51. 153. 203. 207. 243. 259. 296. 297. 300. 387. 388. 396. 402. 407. 437. 446. 483. 555. 579. 595. 605. 609. 615. 617. 664.
Sparagmiten 38.
Sparganien 381.
Spatangiden 275—277. 307.
Spatangopsis 36. 37.
Spateiſenſtein 590. 625. 626.
Spechte 379.
Speckled ſandſtone 159.
Speckſtein 656.
Speer 370. 491.
Speeton clay 292.
Speiskobalt 623.
Sperenberg 553.
Spermophilus rufescens 442.
Speſſart 510.
Speyer 174.
Spezzia 255. 651.
Sphagnum 563.
Sphalerit 618.
Sphäroſiderit 566. 625.
Sphaerulites 279.
Sphenodon 466.
Sphenophyllum 140. 142. 169.
Sphenopteris 140.
— obtusiloba 141.
Spilecco 368.
Spinell 644.
Spinnen 33. 366.
Spinnentiere 137. 138. 156.
Spirifer 45. 74. 90. 101. 114. 120. 124. 215.
— cultrijugatus 114.
— macropterus 114.
— mosquensis 155.
— supramosquensis 155.
— tornacensis 155.
Spiriferina 215.
— fragilis 177.
— hirsuta 177.
Spirigera 20. 48. 74. 101. 124. 197.
— trigonella 194.
Spirorbis 72.
Spitaler Gang in Schemnitz 588. 599.
Spitiſchiefer 295. 534.
Spitzbergen 18. 119. 150. 157. 189. 204. 253. 258. 264. 381. 382. 384. 385. 521.
Spitzmäuſe 316. 325. 331. 452.
Spiza-Salz 550.
Spizzekalk in Recoaro 198.

Digitized by Google

Spondylus 394.
Spongien 55. 56. 209. 210.
Spree 419.
Springquellen 557.
Sprudelstein 653.
Squatina 222.
Squalodon 361.
Staats, Klippen von 501. 502.
Stachelhäuter 33. 46. 64. 209.
Stachelschweine 316. 359. 377. 397.
Stadtberge in Westfalen 611.
Staffelit 657. 658.
Staffordshire 549. 568. 570.
Stagodon 359.
Stahl 632. 633.
Stahlberg bei Müsen 630.
Stahlerz 607.
Stamna 403.
Stangalpe 493. 574.
Stanowoi-Gebirge 482.
Stanzer Horn 491.
Starnberg 420. 422.
Staßfurt 163. 173. 548. 552—554. 657.
Statuario 651.
Staurocephalus 84.
— Murchisoni 77.
Staurolith 646.
Staurosphaera 34.
Stawell 596.
Steamboat-Thal 606.
Steatit 653.
Stechpalmen 380. 435.
Stegocephalen 131—135. 148. 167. 171. 174.
Stegodon 410.
Stegosaurier 232.
Steierdorf in Ungarn 566.
Steiermark 99. 370. 380. 388. 389. 391. 392. 487. 495. 626. 628.
Steinacher Joch 495.
Steinbock 450.
Steine, feuerfeste 660. 661.
Steine und Erden 635. 636.
Steinernes Meer 192. 197. 495.
Steinheim 379.
Steinhof 419.
Steinkerne 23.
Steinkohle 562. 564—566.
Steinöl 579. 584.
Steinzeit 545.
Stellersche Seekuh 358.
Stemmatocrinus 122.
Steneofiber 412. 413.
Stenonia 276.
Stephanit 602.
Stephanoceras 218. 247. 282.
— Humphriesianum 207. 247.
— macrocephalum 248. 256.
— rectelobatum 31.
— Sauzei 207.
Steppenantilope 442.
Steppenfauna 442. 453.
Steppenmurmeltier 442. 450.
Steppenpflanzen 453.
Steppenstachelschwein 450.
Steiculia 272.
Sterna 288.
Sternarthron 220.
Sternberg 514.
Sternberger Kuchen 432.
Stern des Südens (Diamant) 641. 643.
Sternkorund 643.
Sternsaphir 643.
Stettin 363.
Steyerthalgletscher 423.
Stichodontidae 128.
Stigmarien 145. 147.
Stiller Ozean, s. Pazifischer Ozean.
Stipperstones 91.
Stirnmoräne 421.
Stockheim 164.
Stomatopoden 219.
Stonesfield 220. 221. 240. 247.
Störe 107.
Storo 498.
Stotternheim 552.
Strahltiere 59.
Straits Settlements 622.
Stramberg 310. 502.
Strandläufer 379.
Straß 638.
Straßburg 174. 383.
Stratigraphie 3.
Strauße 9. 27. 288. 410.
— amerikanische 464. 467. 469. 471.
Strehlen 431.
Streptelasma 61.
Streptorhynchus 73. 101. 124.
— umbraculum 69.
Stringocephalus 101.
— Burtini 102. 114.
Stromatopora 59. 62. 99.
Strombergschichten 160. 187.
Strontianit 662.
Strontiumkarbonat 662
Strontiumsulfat 662.
Strophalosia 166.
— Goldfussi 165.
Strophomena 73. 101.
— rhomboidalis 69.
Strophostoma tricarinatum 311.
Struthiolaria 371.
Stubaier Alpen 496.
Stubbenkammer 266.
Stuben bei Krumau 660.
Stubensandstein 180.
Stuckmarmor 654.
Stuoreswiese 201.
Stuttgart 180—182.
Stylacodontiden 240.
Styliola 72.
Stylonurus 79. 85.
— Powriei 81.
Subaërische Theorie 442.
Subalpine Ketten 488.
Subapennin 311. 396.
Subhercynisches Hügelland 515. 523.
Subjurassische Meeresmolasse 389.
Subkarbon 574.
Subrobustus Beds 203.
Succinea oblonga 440.
Suchawodathal 438.
Südafrika 157. 159—161. 187. 259. 528. 529. 576. 642.
Südalpen 198—202. 496. 497.
Südamerika 18. 157. 207. 260. 278. 376. 544. 596.
Sudan 332. 527. 528.
Suderode 300.
Sudeten 431. 508. 512 ff. 523. 557.
Südeuropa 367.
Südfrankreich 41. 259. 302. 555.
Südrußland 253. 361. 367. 392—394. 397. 549. 555.
Subsalz 555.
Südtirol 199. 256.
Südwales 147. 567.
Suessonien 362.
Suez 11. 378. 393. 408. 478.
Suffolk 436. 519.
Suganathal 499. 500.
Sukena 665.
Sulfurbank 606.
Sulfur Springs 606.
Sululand 297.
Sulza 549.
Sumatra 367. 397. 409. 482. 530. 535. 536.
Sumbava 536.
Sumpfcypressen 380. 381. 385. 562.
Sumpferz 631.
Sumpflabkraut 425.
Sumpfschnecken 290. 310. 403. 435.
Sumterschichten 412.
Sunda-Inseln 170. 370. 409. 482. 536. 537.
Süntel 515. 516.
Superphosphat 658.
Surachany 583.
Surturbrandr 521.
Sus erymanthius 397.
Sussex 267.
Süßwasserkalke 435.
Süßwassermolasse 370. 392.
Süßwasserquarz 655.
Swappavara 628.
Swamps 149. 150. 561. 562.
Swansea 147.
Syenit 653.
— Brünner 514. 573.
Sylvin 551.
Synocladia virgulacea 164.
Syracuse 548.
Syrien 6. 260. 264. 278. 297. 299. 367. 397. 405. 408. 452. 531.
Syringophyllum 62.
Syringopora 62.
— cancellata 60.
Syrmien 403.
Systeme, geologische 4.
Szaszka im Banat 611. 612.
Szczawiniza 503.
Szekboden 665.
Szliacs 559.
Szwoszowice bei Krakau 663.
Szybiker Salz 550.

Taberg 627. 629.
Tabulaten 59. 62. 99.
Tafelländer 481.
Tafelschiefer 656.
Tafelstein 637.
Tagliamento 500.
Talchirschichten 158. 159. 185.

Digitized by Google

Talifu, See von 405.
Talk 656.
Taman 582. 583.
Tamboer Fontein 185.
Tanganyikasee 301. 540.
Täniodonten 319. 359.
Taeniopteris 140.
Tannen 381. 435.
Tanner Grauwacke 115.
Tanninges 490. 494.
Tanzerloch 31.
Tapes gregaria 395.
Tapire 9. 316. 319—323. 336. 341 bis 343. 346. 377. 379. 397. 402. 463. 467.
Taranonschiefer 91.
Tarapacá 666.
Tarent 407. 443.
Tarn 599.
Tarnowitz 173. 614.
Tarsos 393.
Tasmanien 26. 27. 150. 157. 313. 326. 483. 537. 596. 622.
Tasmanit 565.
Tatarische Stufe 165.
Tatra 437. 439. 505. 506.
Tatusia 361.
Tauben 379.
Taucher 379.
Tauernkette 423. 498.
Taufstein 656.
Taunus 113. 120. 516.
Taurus 531. 557.
Tausendfüßer 33. 88. 138. 148. 156.
Taxodium distichum 381. 382.
— — miocaenicum 385. 562.
Taxodonten 78.
Taxotriniden 101.
Teel's Marsh 667.
Teer 585.
Tees (Fluß) 518.
Tegernsee 579. 583.
Teichmuscheln 310. 403. 405.
Tejongruppe 300. 372.
Teleosaurus 222. 229. 230. 246.
Teleostier 106. 222. 282.
Telkibanya in Ungarn 648.
Telline 389.
Temboro 536.
Tempelberge 521.
Tennengebirge 495.
Tennessee 153. 580. 581. 615.
Tenos 650.
Tentaculites 68. 72. 116.
Teplitz 515. 557. 559.
Terebra 394. 402.
Terebratella 74.
Terebratula 45. 48. 74. 192. 214.
— curviconcha 31.
— diphya 215.
— elongata 165.
— humeralis 251.
— janitor 251.
— Renieri 31.
— Rozzoana 31.
— vulgaris 177. 194.
Terebratulina 74.
Terekfluß 582.
Termiten 220. 380.
Terranera 627.
Terra rossa 374.
Terrassen 424. 439. 461. 509.
Tertiär 5. 6. 20. 21. 301 ff. 576.
— außerhalb Europas 370—373. 409—413.
— in Europa 361—370.
Tertiärfauna 312.
Tertiärflora 310.
Tertiärzeit 24. 27.
— Dauer u. Gliederung 310—313.
Teruel in Spanien 576. 663.
Teschener Schiefer 290. 291. 293.
Tessalaten 68.
Tessin 422. 492.
Testicardines 73.
Testudo elephantopus 452.
Tetarata-Sprudel 483.
Tethys, Ozean 89. 203. 204. 262. 294. 299. 366.
Tetrabranchiaten 81.
Tetracidaris 172.
Tetrakorallien 58—61. 99.
Tetraktinelliden 55. 56.
Tetraprotodon 347.
Teufe, ewige 588.
Teurnia 599.
Teutoburger Wald 515. 516.
Texas 39. 155. 169. 170. 187. 294. 361. 463. 540.
Textularia 267.
Thalassoceras Phillipsi 105.
— varicosum 105.
Thallium 587.
Thanetsande 362.
Tharsis in Spanien 610.
Thecidium 74. 215.
Theiß 507.
Themse 431.
Thenardit 667.
Theriodon 186—188. 330.
Thermen 557. 559.
— relative 558.
Theromorphen 187. 188.
Theropoden 233. 236. 237.
Thessalien 485.
Thiede 442.
Thon 659.
Thone, feuerfeste 660.
Thoneisenstein 625.
— -Konkretionen 167.
Thorda in Siebenbürgen 547. 552.
Thrakien 483.
Thuja occidentalis 463.
Thüringen 97. 154. 163. 167. 174. 176. 179. 402. 452. 576.
Thüringer Wald 40. 162. 164. 173. 515. 522—524. 630.
Thylacinus 326.
Thylacoleo 314.
— carnifex 468. 469.
Tiarechinus 172. 192.
— princeps 194.
Tibet 203. 262. 264. 278. 302. 411. 482. 535. 653.
Tibesti 528.
Ticholeptus 413.
Ticonderoga 661.
Tideout 581.
Tiefseeschlamm 10. 267.
Tiënschan 119. 262. 303. 367. 457. 482. 532.
Tiergeographie 8. 9.
Tiflis 582.
Tiger 451. 459. 464.
Tihany 400.
Tillodon 319. 359. 372—376.
Tillotherium 359.
— fodiens 360.
Timanberge 155. 156. 525. 526.
Timbuktu 527.
Timor 161. 170. 189. 204. 262. 295. 536.
Tin floors 621.
Tinkal 666.
Tinoceras 340.
— ingens 340.
Tintenfische 26. 73. 80.
Tiroler Alpen 97. 554.
Tirolites 190.
— cassianus 194. 203.
Titanotherium ingens 342. 343. 412.
Tithonstufe 207. 248. 251. 255. 256.
Titusville 581.
Tokay 507. 664.
Tolfa bei Civitavecchia 664.
Toluco 640.
Tonalit 493. 497.
Tonerde (Korallenkalk) 251.
Tongoy 609.
Topas 637. 644.
— böhmischer 644. 647.
Topasquarz 647.
Töpferthon 659.
Torbanit 565.
Torer Schichten 198.
Torf 443. 454. 562—564.
Torfmoore 149. 150. 561.
Tornoceras simplex 106.
Tortonien 312. 391. 396.
Toscana 161. 169. 402. 443. 667.
Totes Gebirge 197. 495.
Totes Meer 583.
Toulon 484. 485.
Touraine 311. 392. 396.
Tournaistufe 58. 155.
Toxaster complanatus 277.
Toxodon 357. 377. 413.
— platensis 358.
Trachyceras 190.
— Aon 192.
— Aonoides 198.
— erinaceus 103.
Trachyostraca 190.
Trachyt 506. 507. 654. 655.
Trachyum 56.
Tragoceras 321.
— amaltheus 350. 353.
Traguliden 375.
Transgression des Doggers 253.
— des Jura 264.
— des Kambriums 39. 40.
— mitteldevonische 119.
— der Oberkreide 294. 296. 299.
Transkaukasien 576.
Transvaal 597. 640.
Trappe 543.

Digitized by Google

Traun 423. 501.
Tremadocschichten 36. 90.
Trentonkalk 98.
Trentschin 502. 505. 559.
Treppenschnitt 637.
Triarthrus 44.
— Becki 46.
Trias 5—7. 31. 170 ff. 492.
— alpine 20. 183. 189 ff. 201.
— arktisch-pazifische 204.
— Binnenentwickelung der 173 ff.
— deutsche 173 ff.
— -Dolomit 31. 492.
— im südlichen Europa und Asien 202—204.
— pelagische 189 ff.
Triceratops 284.
Trichinopoli 298.
Trichotropis borealis 407.
Trichroismus 637.
Triconodonten 240.
Trient 497. 499.
Trier 173.
Trifail 370.
Triglyphus 182. 188.
Trigonia 20. 26. 216. 247. 278. 296. 304.
— clavellata 247.
— costata 215. 247.
— navis 23. 247.
Trigonocarpus 146.
Trilobiten 36—45. 48. 49. 75. 78. 83. 84. 86. 106. 116. 120. 125.
Trinidad 482. 544. 583.
Trinucleus 84. 90. 91. 95.
— Goldfussi 77.
Trionyx 287.
Tripel 656.
Trirachodon 188.
Tritonium 394.
Tritschinapalli 297. 298.
Tritylodon 182. 183. 187—189.
Trochoceras 82.
Trochus 216. 395.
— podolicus 395.
Trogons 379.
Trogontherium 435. 450.
Troisk 598.
Troja 393. 394. 396.
Tromsö, Norwegen 634.
Trona 665.
Trophon clathratum 434.
Tropidina 405.
— Eugeniae 404.
Tropites 190.
— subbullatus 198.
Trümmerlagerstätten 591.
Truxillo 658.
Tschaptschatschi 555.
Tschernosem 525.
Tscheßkaja-Bucht 431.
Tschettechowitz 502.
Tschirimikaja 385.
Tubipora 62.
Tuchorschitz 387.
Tüffer 559.
Tula 574.
Tulotoma 405.
— Sturi 312.
Tulpenbäume 271. 272. 380.
Tunis 260. 405. 472. 486. 507. 526.
Tunkathal Kolumbiens 644.
Tunkisker Gebirge 661.
Turan 261. 262. 302.
Turbo 79.
— solitarius 31.
Turin 388. 402.
Türkis 646.
Turkistan 261. 302. 653.
Turkmenensteppe 582.
Turmalin 645.
Turonien 270. 271.
Turrilepas 85.
Turrilites 281.
Tuxtla 544.
Tweed 520.
Tychow 419.
Tylopoden 349.
Tylopoma avellana 312.
Typotherien 357. 377.
Tyrrhenisches Becken 527.
— Meer 406. 416. 483.

Übergangsgebirge 33. 34. 256.
Übergossene Alm 495.
Uddevalla 434.
Udenodon 186. 188.
Ufa 612.
Uhu 379.
Uintagruppe 349. 372. 373. 376. 543.
Uintatherium 340.
Uistiti 333.
Ulmenhaageformation 259. 261. 295. 296. 529.
Ullmannia 168. 169.
Ullmannit 623.
Ulmen 380. 381.
Ulmus borealis 381.
Ultramarin 662.
Ulzen 435.
Umbra 662.
Uncites 101.
— gryphus 101. 114.
Uncle Sam 606.
Underclay 147.
Ungarn 302. 368. 369. 392. 393. 396. 398—400. 402. 403. 483. 485. 502. 507. 547. 550. 552. 558. 599. 655.
Ungh 507.
Unghvár 503.
Unguiculati 322. 325—335.
Ungulati 316. 322. 324. 336.
Ungulitensandstein 41.
Unio 290. 310. 403—405.
Unpaarhufer 316. 324. 336. 341 ff. 374. 376.
Unstrut 440.
Unterammergau 491.
Unteroolith 207. 247.
Upper calcareous grit 251.
Upsala-Län 627.
Ur 449.
Ural 19. 105. 118. 120. 155. 156. 159. 162. 169. 170. 256. 361. 431. 481. 508. 525. 526. 598. 601. 613. 629. 640. 653.
Uran 634.
Uranpecherz 634.
Urda rostrata 225.
Urgebirgszone der Ostalpen 493.
Urhuftiere 337. 338.
Urmiahsee 396. 667.
Urstier 435. 450.
Ursus 328.
— spelaeus 451. 452.
Urtiere 51.
Uruguay 371. 648.
Ussuribucht 204.
Usturt-Plateau 394.
Utah 461. 479. 555. 602. 616.
Utikaschiefer 98.
Utö bei Stockholm 627.
Utznach 425.

Vaalfluß 640.
Vaalkonglomerat 160.
Vaccluse, Montagnes de 485.
Vaginatenkalk 92
Vaginella 390.
Valalta 607.
Val Blogno 492.
— d'Assa 31.
— di Daone 498.
— di Sole 497. 498.
— Rendena 498.
— Sabbia 498.
— Sosia 155. 170.
— Travers 584.
Valenciennes 523. 571. 572.
Valenciennesia 399.
Valenginien 291. 293.
Valentinit 635.
Valle Biaja 407.
— Camonica 497.
Valparaiso 609.
Valsin 251.
Valvata 403.
— piscinalis 404.
Vancouver-Insel 299.
Var 612.
Varaniden 283.
Variskisches Hochgebirge 523.
Vaucluse 375.
Velpke 431.
Velikin 492. 493.
Venetien 256.
Venezuela 462. 482. 544.
Ventoux 485.
Venus 307.
Verde di Prato 652.
— — Susa 652.
Verdun 656.
Vergletscherung, eiszeitliche 422 ff.
Verkohlung 562. 563.
Vermilinguier 360.
Vermland 627.
Vermont 460.
Verona 368. 442.
Verrucano 170.
Versteinerungen, präkambrische 34. 35.
Vetrebraria 158.
Vertesgebirge 507.
Vesoul 173.
Vesuvian 646.

Digitized by Google

Viburnum Nordenskiöldi 381.
Vic 549.
Vicenza 31. 193. 194. 202. 308. 368—370. 498.
Vichnye (Ungarn) 559.
Vichy, Therme 558.
Vicksburg 467.
Victoria 596. 597. 622.
Victoria-Furnace in Virginia 627.
Vielfraß 27. 435. 451. 453. 456.
Vierkiemer 81.
Vier Seen 492.
Vignone 557.
Vigsnäs 612.
Villach 499. 614.
Villa Secca bei Zimapan 648.
Villebois 656.
Villefranche 375.
Villnösser Linie 500.
Vindelicisches Gebirge 490.
Vindhya-Series 640.
Virgaten 258. 292. 293.
Virgenthal 184.
Virginia 372. 412. 580. 581. 615.
— -City 594. 606.
Virginiakette 594. 606.
Virgloriakalk 194. 201.
Vise 155.
Vishnutherium 354. 410.
Vitiphyllum Olriki 382.
Viverren 327. 328.
Vizackna 552.
Vögel 171. 237. 287. 303. 309. 379. 452. 469.
Vogelsberg 173. 363. 557.
Vogesen 164. 173. 174. 363. 437. 487. 489. 507. 510. 511. 517. 522. 523.
Vogtland 630.
Voirons 490.
Volterra 612.
Voltzia 180. 193. 199.
— heterophylla 173. 174.
Voluta 280. 394.
Voralpen 490. 491.
Vorarlberg 194. 195.
Vorderindien 157. 526—530.
Vordernberg 97.
Vöröspátak 507. 599.
Vöttau 660.
Vryheid 597.
Vulkane in Kohlenfeldern 569.
Vulcano, Insel 664.

Waadtland 370.
Waag-Neustadtl 502.
Wachskohle 564.
Wachsopal 648.
Wad 633.
Wadsworth 667.
Wahsatchgebirge 372—374. 543. 602.
Waizen 507.
Walachei 403. 583.
Walchia 168.
Waldenburg 154. 155. 572.
Wälderformation, s. Wealden.
Waldfauna 453.
Waldheimia 48. 74. 214.
Waldschicht, s. Forestbed.
Wale 135. 303. 316. 319. 359. 361.
Wales 35. 36. 41. 119. 153. 518.
Walfischbai 529.
Walkerde 658. 659.
Wallaroo-Minen 613.
Wallenstädter See 422.
Wallis 119. 420. 422. 574.
Walnußbaum 381.
Walroß 435.
Wanderungen 18. 19.
Wanzen 137. 171. 220. 309. 380.
Wapitihirsch 449. 471.
Warmbrunn 557.
Warneidechsen 283.
Warwickshire 570.
Warzenschwein 320.
Waschbär 463.
Washington 300. 543.
Wasserburg 423.
Wasserflöhe 86.
Wasserkäfer 220.
Wassermörtel 654.
Wassernuß 425.
Wasserpfeffer 425.
Wasserschwein 413. 463. 464. 467.
Wasser und Land 260 ff. 414 ff.
Waterlimegruppe 98.
Wawerley-Mine in Victoria 597.
Weald 289. 519.
Wealden 231. 235. 252. 271. 282. 286. 288. 289.
Weber 33.
Weckelsdorfer Steine 513.
Wehren in den Salinen 554.
Weichmanganerz 633.
Weichsel 433. 440.
Weichtiere 74.
Weiden 25. 271. 272. 274. 380. 381. 427. 435. 458.
Weilbach 559.
Weilburg a. d. Lahn 611.
Weimar 175.
Weinböhla 514.
Weinheim 363.
Weinreben 382.
Weisenau b. Mainz 379. 387.
Weißbleierz 613.
Weißbuche 435.
Weißdorn 272. 381.
Weiße Berge 460.
— Mauer 365.
Weissenbach 496.
Weißes Meer 435. 524.
Weißig 134.
Weißwasserthal 438.
Welcome-Nugget 597.
Welfisholz 548.
Welkenraedt 619.
Wellenkalk 175. 176.
Wels in Oberösterreich 583.
Wenersee 93. 524.
Wengener Schiefer 193. 200. 201.
Wenlockstufe 91.
Werchowjansk 204. 459.
Werfener Schiefer 97. 193. 194. 201.
Werl 549.
Wernsdorfer Schichten 271. 272. 291.
Werra 440.
Weserkette 516.
Wespen 137.
Westalpen 488. 492. 496.
Westeregeln 442.
Westerwald 113. 516. 517. 557.
Westfalen 114. 153. 154. 162. 163. 297. 516. 517. 549. 658.
Westgalizien 502.
Westgotland 37. 38.
Westindien 278. 325. 369. 371. 409. 416.
Westmanlands-Län 627.
Westpreußen 432. 434.
Westslawonien 16.
Wetterau 363.
Wettersee 524.
Wetterstein 195—197. 201. 494.
Wettinger Schichten 251.
Wetzikon 425.
Wetzlar 634.
Wetzsteine 655.
Wetzweil 419.
White Mountains 460.
— -River-Beds 342. 343. 373. 412.
- Rock 543.
Wianamatta-Schichten 157
Wichita-Beds (Texas) 155.
Widdringtonia 180.
Wiederkäuer 316. 319. 320. 322—324. 336. 341. 345. 346. 350. 377. 379.
Wieder Schiefer 115. 604.
Wiehengebirge 515.
Wieliczka 390. 550. 551. 558.
Wien 11. 14. 312. 380. 387. 389. 391—397. 399. 400. 403—407. 485. 491. 492. 495. 511. 512. 515.
Wiener-Neustadt 284. 501. 505.
Wienerwald 501.
Wiesbaden 557. 558. 658.
Wiesel 328. 451.
Wieseneerz 631.
Wight, Insel 289. 363.
Wildbad 559.
Wildesel 442.
Wildhunde 451. 468.
Wildkatze 451.
Wildpferd 436. 442. 448. 459.
Wildschwein 435. 448.
Wildstier 436. 440.
Wildungen 115. 116.
Willemoesia crucifera 50.
Wilna 299.
Wilui-Fluß 458. 526.
Wimbach 499.
Windischgarsten 495.
Wirbeltiere 23. 394.
Wisconsin 39. 460. 629.
Wisent 446. 449. 450. 452. 459.
Wismar 387.
Wismut 587. 634.
Wismutglanz 635.
Wissenbacher Schiefer 115. 120.
Wissokaja Gora 629.
Witebsk, Gouvernement 436.
Witherit 663.
Wittenberg 419.
Witten-Hörde 572.

Digitized by Google

Witwatersrand 597.
Wladikawkas 582.
Wladiwostok 204.
Wochein in Oberkrain 631.
Wocheinit 665.
Wolayer See 116.
Wolf 327. 328. 435. 436. 451. 468.
Wolfram 635.
Wolframit 635.
Wolframstahl 635.
Wolfsberg in Kärnten 626.
Wolga 203. 253. 428. 508. 525.
Wolgastufe 275. 293.
Wolhynien 525.
Wolmersdorf in Niederösterreich 660.
Wolverhampton 570.
Wooded Peak (Neuseeland) 634.
Woodocrinus 67. 122.
Woolwich, Schichten von 362.
Worm bei Aachen 570—572.
Worms 174.
Woronesh 657.
Wottawagebiet 598.
Würger 379.
Würmer 21. 72. 308.
Wurmzüngler 360.
Württemberg 176. 177. 179. 181. 183. 206. 210. 211. 222. 334. 379. 448. 451. 509.
Würzburg 510.
Wurzelstöcke 142. 145. 147.
Wüste, afrikanische 507. 527.
— amerikanische 541.
Wyoming 231. 316. 339. 340. 349. 372. 373. 412. 541. 543.
Wyre, Forest of 570.

Xenodiscus plicatus 169.
Xiphodon 348. 349.
Xiphosuren 83. 85. 86. 125.
Xylobius Mazoanus 138.

Ybbsthal 423.
Yellowstone National Park 543.
— River 557.
Yoldia arctica 434.
Yoldienthone 461.
Yoredale Rocks 571.
Yorkshire 292. 519. 570. 615.
Ypek 403.

Zabarah am Roten Meere 644.
Zacatecas 602.
Zahl der Fossilarten 21.
— der Lebewesen 21.
Zähne, Entwickelung der 319 ff.
Zahnformeln 319.
Zahnwale 318. 361.
Zahnwechsel 318. 326. 355—357.
Zaizon 558.
Zakopane 437. 506.
Zalathna 599.
Zanclodon 181.
Zante 579.
Zaphrentis 61.
Zebra 331.
Zechstein 155. 162. 163.
Zehengänger 322.
Zellendolomit 163.
Zement 654.
Zementkalke 290.
Zementmergel 654.
Zemplin 503.
Zentralamerika 482. 544.
Zentralasien 302. 367. 457. 530 ff.
Zentralgneis 493.
Zeuglodon 361. 375.
Zibetkatzen 326—328.
Ziegelerz 607.
Ziegelhausen 164.
Ziegelsteine 654.
Ziegen 345. 350. 352. 353. 411. 450.
Ziegenhain 363.
Ziesel 442. 450.
Zink 618—620.
Zinkblende 618.
Zinkenstock des Berner Oberlandes 647.
Zinkkarbonat 618.
Zinkspat 618.
Zinn 620—623.
Zinnober 606.
Zinnseifen 620.
Zinnstein 620.
Zinnwald 620.
Zips 437. 503. 506. 550.
Zirkon 645.
Zirkonsyenite 432.
Zirl 192.
Zitterpappel 436. 454.
Zlambachschichten 197. 201. 255.
Znaim 511.
Zöblitz in Sachsen 652.
Zonen 16 ff.
— der Alpen 488 ff.
— des Jura 206—208.
Zoogeographie 471.
Zorge am Harz 115. 630.
Zsilythal (Siebenbürgen) 577.
Zuckmantel 599.
Zugspitze 494.
Zürich 425. 427.
Zwergbirke 27. 427. 456.
Zwergelefanten 446. 447.
Zwerghippopotamus 447.
Zwerghirsche 375.
Zwergpfeifhase 442.
Zwickau i. Sachsen 560. 573.
Zwischenhirn 317.
Zwischenmittel der Kohlenflöze 567.
Zwittergestein 621.
Zygodonten 321.
Zygolophodonten 356.

Autoren-Register.

Abich 203. 388. 394. 530. 667.
Adams 445. 458.
Adhémar 475.
Agassiz, Al. 306.
— Louis 420.
Agricola, G. 605. 661.
Albertus Magnus 639.
Alibert 661.
Alth 111.
Ameghino, F. 371. 377. 468.
Andrussow 392.
Angelin 37. 63. 93.
Aristoteles 547. 559. 627. 649.
Aurivillius 84.

Baily 124.
Ball, R. 475.
Baltzer 563.
Barbot de Marny 394.
Barrande, J. 37. 40. 43. 45. 49. 74 ff. 88. 95 ff. 104. 116. 604.
Bayle 279.
Beaumont, Elie de 6.
Becker, Ewald 211. 595.
Beecher, C. 46.
Beroldingen 560.
Bertrand, M. 485. 488.
Beyrich 66. 207. 261. 408. 515. 527. 529.
Biermann, O. 474.
Billings 42.
Bittner 192. 198. 201. 202. 308. 495.
Blainville 338.
Blanford 159. 528. 532.
Blytt, Axel 443. 454.
Branco 103—105.
Brauer 88.
Braun, M. 619.
Brongniart, Al. 135. 144. 362.
Bronn 57. 211.
Brückner, E. 423. 456. 457.
Buch, L. v. 178. 199. 203. 205.
Bunge 458.
Burat 569. 573.
Burchard 600.
Burmeister 467. 468.
Bütschli 53.

Carll, J. F. 586.
Carou 638.
Cayeux 34.
Chance 575.
Charpentier 420. 472.
Cook 470.

Digitized by Google

Coolgardie 597.
Cope, E. 188. 283. 284. 319. 321. 322. 324. 336—338. 541.
Cotteau 172. 217.
Credner 133. 167. 168. 429. 539.
Croll 475.
Cronstedt 624.
Curtis 616. 617.
Cuvier 5. 315. 333. 342. 348. 362. 363. 518.
Czekanowski 204.

Dames 238. 239. 305. 361. 432.
Dana 184. 185. 574.
Darwin 14. 15. 401. 471.
Daubrée 638. 658.
Davidson 47—49. 69. 124. 125.
Davy 548.
Dawson 134. 148.
Dechen, H. v. 516. 649.
Deshayes 311. 312. 362. 518.
Desor 215. 216. 277. 306. 388. 420. 424.
Diener, K. 203. 204. 488. 493.
Dioskorides 547.
Dohrn 136.
Dollo 233. 234.
Drygalski, E. v. 428.
Dubois, E. 334. 335. 474.
Dunikowski, E. v. 208.

Ebelmen 638.
Egleston 592.
Ehrenberg 51. 53.
Emmons 188. 617.
Engelhard 385.
Escher v. d. Linth 419. 420.
Etheridge 38. 124.
Etzold, F. 228.

Favre 420.
Feilden 381.
Feistmantel, O. 158.
Fliche 454.
Fontaine, M. 272.
Forbes, E. 420.
Forsyth, Major 406.
Fraas, E. 173. 226—228.
— O. 179 ff. 222. 230. 284. 663.
Frech, F. 116. 117. 156. 202. 496. 499. 500.
Freycine 284.
Fritsch, A. 131. 136. 166.
Fuchs, Th. 390. 395. 398.
Füchsel 5. 162.

Gaudin 638.
Gaudry 315. 321. 328. 329. 332—334. 341. 348 ff. 361.
Geikie 454.
Geinitz, E. 134.
— H. B. 165.
Gilbert 461.
Godin 283.
Goldfuß 212.
Göppert 147.
Gorjanović 283.
Gottsche 207.
Grand d'Eury 144. 149.
Greenwill 578.
Greßly 10.
Griesbach 160. 203.
Groddeck, A. v. 589. 591. 607.
Gümbel 147. 193. 195. 305. 490. 491. 494. 512. 515. 563. 564.
Günther 178.

Hall 65. 66.
Hauer, F. v. 97. 189.
Haug, E. 105.
Heer 24. 225. 381. 382. 425.
Helland 432.
Herodot 547. 644.
Hinde Jennings 67.
Hochstetter, v. 470. 512.
Höfer 573. 667.
Hofmann 283.
Holm 39. 61.
Holmes 542.
Hörnes, M. 395. 398.
— R. 390.
Houghton 384.
Hull 571. 578.
Huxley 313.

Irving 40.

Jäkel, O. 108. 128. 211.

Kapff 181.
Katzer, F. 95.
Kaup 349.
Kayser, E. 115.
Keilhack 429. 434. 435.
Keyserling, Graf 204.
Kimberley 597.
King, Clar. 461. 592. 601.
Klipstein 355.
Koken 49. 239. 286. 314. 332. 385.
Koninck, de 122.
Kowalevski 321. 323. 346
Kramberger 283.
Kükenthal, W. 521.
Kunth 58. 110. 111. 225.

Lamarck 362. 518.
Landsberg 617.
Laporte, H. 572.
Lapworth 92.
Lartet 334.
Laube 200.
Lehmann 5. 162. 439.
Leidy 541.
Leigh Smith 526.
Le Neve Foster 621.
Lenz 527. 529.
Levy 644.
Liebe 162.
Lindström 93.
Lipold, M. 607. 625.
Lóczi 405.
Lomnicki, M. 452.
Lorenzo, G. de 203.
Lory 488.
Lossen 516.
Lukasiewicz 585.
Lydekker, R. 358. 411.
Lyell 289. 310—312. 420. 435. 473. 567.
McClintock 258.
Marco Polo 560.
Marcou 541. 593.
Margerie, E. de 485.
Marsh 221. 231. 233—236. 284—286. 317. 319. 389—342. 344. 345. 468.
Martins 420.
Marx 587.
Maydell 458.
Mayer-Eymar 408.
Meek 63.
Michalski 258.
Middendorf 204.
Milne-Edwards 379.
Mojsisovics 11. 189. 191—193. 198. 199. 201—204. 218. 492.
Möller, V. v. 122. 448.
Monterosato 407. 443.
Mösch 11. 250.
Munier-Chalmas 193.
Murchison 51. 90. 99. 118. 153. 518. 597.
Murie 349. 351.
Muschketow 367. 532.

Nathorst, A. G. 36. 37. 272. 273. 385. 426. 436. 443. 453.
Nehring 441. 448. 450. 453.
Newberry 108.
Nicholson 38. 129.
Niedzkowsky 80.
Nikitin 155.
Nordenskjöld 258.
Nötling 76.

Ochsenius 553. 560. 666.
Oppel 10. 11. 16. 183. 197. 206. 207. 223—225. 237. 250.
Orbigny, d' 6. 206. 257. 270. 292.
Osborn 330.
Overweg 527.
Owen 48. 186. 187. 237. 343.

Packard 83. 127.
Pallas 458.
Pander 72.
Pantanelli, D. 208.
Partsch, J. 437. 455.
Pasquier, L. du 423.
Pavlow 293.
Payer 258. 526.
Penck, A. 422. 423. 425. 426. 430. 455. 457. 475. 515.
Philippi 371. 385. 406. 411.
Philipps 597.
Philippson, A. 486.
Pilar 475.
Playfair 420.
Plieninger 182.
Plinius d. Ä. 547. 598. 610. 638. 644. 649.
Pohlig 334.
Posepny 552.
Potonié, H. 141. 148.

Quenstedt 76. 183. 190. 206. 210. 213. 214. 219.

Digitized by Google

Ramsay 165. 519.
Rath, G. vom 599. 627.
Raymond 595.
Renault 142. 147.
Reyer 620. 623.
Richthofen, F. v. 199. 440. 442. 535. 537. 555. 575. 576. 595. 622.
Rohon 72.
Romanowsky 367. 532.
Römer, F. 38. 56. 60. 71. 106. 107. 110. 123. 125. 138. 140. 141. 144. 164. 167.
Roth, S. 437.
Roudaire 472.
Russell 461.
Rüst 53.
Rütimeyer 353 374. 450.

Sage 618.
Saint-Clair-Deville 638.
Salter 43. 75.
Sandberger 311. 440.
— Fr. 380. 587.
Saporta 273. 274.
Scheffel, Viktor 222.
Scheuchzer 560.
Schiaparelli 384
Schimper 420.
Schlönbach 304.
Schlosser, Max 326. 337. 351. 377.
Schlüter 281.
Schmalhausen 385.
Schmidt, Fr. 66. 446. 458.
Schrenk 446.
Schultze 64.
Schwackhöfer 657.
Scudder, S. 138. 309.
Sedgwick 35. 90. 153. 518.
Seeland, F. 627.
Seeley 177. 183. 185. 188. 189. 330.
Sievers 462.
Silliman 585.
Smith, William 205.
Sollas 229.
Solon 414.
Stache 300. 368. 496. 499. 501. 527.
Steenstrup 443. 454.
Steinmann 207. 296. 299. 437. 544.
Stoliczka 203. 531.
Struckmann 235. 252.
Studer 370.
Stur 145. 196. 493.
Stürtz 101.
Sueß 11. 12. 149. 183. 197. 393. 481. 484—486. 496—500. 508. 514. 522. 595.
Swank, J. 632.
Széchényi 405.

Tacitus 612.
Taramelli 500.
Tausch 300.
Teller, F. 178. 204. 496. 499.
Theophrast 559.
Thomson, William 151.
— Wyville 50. 64. 242.
Tietze 107. 388. 531.
Toll, E. v. 385. 458.
Torrell 421. 428. 429.
Toula 202. 258.
Traquair 108. 110. 112.
Trautschold 122.
Trinker 592.
Tscherski 446.
Tullberg 92.

Ulrich 120.

Vacek 356.
Venetz 420.
Vergil 627.
Verneuil 203.

Waagen 11. 54. 99. 159. 161. 169. 170. 207. 250. 261. 549.
Wagner, Andreas 237.
Wähner, F. 218.
Wahnschaffe 433. 435.
Walcott, Ch. D. 39. 42. 44. 46.
Wallace 475.
Warren Upham 459.
Wedding 629.
Weiß, E. 169.
Weißenbach, v. 590.
Werner 5. 162.
Wettstein, R. v. 426. 427.
Weyprecht 526.
White 300. 540.
Whitney 593. 615.
Wichmann, A. 536.
Williams 578.
Wimmer 611.
Woodward 79. 81 ff. 117. 135. 137.
Worthen 63.
Wright 66. 217. 220.

Yermolow 657.

Zerrenner 630.
Zeuschner 437.
Zittel 35. 54—56. 59. 61. 66. 72. 209. 225. 226. 230. 231. 233. 267. 275. 276. 356. 359. 368. 374.

Druck vom Bibliographischen Institut in Leipzig.

Digitized by Google

Verlag des Bibliographischen Instituts in Leipzig.

Enzyklopädische Werke.

	M.	Pf.
Meyers Grosses Konversations-Lexikon, *sechste, gänzlich neubearbeitete und vermehrte Auflage.* Mit mehr als 11,000 Abbildungen, Karten und Plänen im Text und auf über 1400 Illustrationstafeln (darunter etwa 190 Farbendrucktafeln und 300 Kartenbeilagen) sowie 130 Textbeilagen. (Im Erscheinen.)		
Geheftet, in 320 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in 20 Halblederbänden . . . . .je	10	—
Gebunden, in 20 Liebhaber-Halblederbänden, Prachtausgabe . . . . . .je	12	—
Meyers Kleines Konversations-Lexikon, *sechste, umgearbeitete Auflage.* Mit 168 Illustrationstafeln (darunter 26 Farbendrucktafeln und 56 Karten und Pläne) und 88 Textbeilagen.		
Geheftet, in 80 Lieferungen zu je 80 Pf. — Gebunden, in 3 Halblederbänden. . . . . .je	10	—

Naturgeschichtliche Werke.

	M.	Pf.
Brehms Tierleben, *dritte, neubearbeitete Auflage.* Mit 1910 Abbildungen im Text, 11 Karten und 180 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck.		
Geheftet, in 130 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 10 Halblederbänden. . . . .je	15	—
(Bd. I—III »Säugetiere« — Bd. IV—VI »Vögel« — Bd. VII »Kriechtiere und Lurche« — Bd. VIII »Fische« — Bd. IX »Insekten« — Bd. X »Niedere Tiere«.)		
Gesamtregister zu Brehms Tierleben, 3. Auflage.		
Gebunden, in Leinwand	3	—
Brehms Tierleben, Kleine Ausgabe für Volk und Schule. *Zweite, von R. Schmidtlein neubearbeitete Auflage.* Mit 1179 Abbildungen im Text, 1 Karte und 19 Farbendrucktafeln.		
Geheftet, in 53 Lieferungen zu je 50 Pf. — Gebunden, in 3 Halblederbänden . . . . .je	10	—
Die Schöpfung der Tierwelt, von Dr. ***Wilh. Haacke.*** (Ergänzungsband zu »Brehms Tierleben«.) Mit 469 Abbildungen im Text und auf 20 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck und 1 Karte.		
Geheftet, in 13 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	15	—
Der Mensch, von Prof. Dr. ***Joh. Ranke.*** *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 1398 Abbildungen im Text, 6 Karten und 35 Farbendrucktafeln.		
Geheftet, in 26 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . .je	15	—
Völkerkunde, von Prof. Dr. ***Friedr. Ratzel.*** *Zweite Auflage.* Mit 1103 Abbildungen im Text, 6 Karten und 56 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck.		
Geheftet, in 28 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . .je	16	—
Pflanzenleben, von Prof. Dr. ***A. Kerner von Marilaun.*** *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 448 Abbildungen im Text, 1 Karte und 64 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck.		
Geheftet, in 28 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden. . . . . .je	16	—
Erdgeschichte, von Prof. Dr. ***Melchior Neumayr.*** *Zweite, von Prof. Dr. V. Uhlig neubearbeitete Auflage.* Mit 873 Abbildungen im Text, 4 Karten und 34 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck.		
Geheftet, in 28 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden. . . . . .je	16	—
Das Weltgebäude. Eine gemeinverständliche Himmelskunde. Von Dr. ***M. Wilhelm Meyer.*** Mit 287 Abbildungen im Text, 10 Karten und 31 Tafeln in Holzschnitt, Heliogravüre und Farbendruck.		
Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Die Naturkräfte. Ein Weltbild der physikalischen und chemischen Erscheinungen. Von Dr. ***M. Wilhelm Meyer.*** Mit 474 Abbildungen im Text und 29 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck.		
Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	17	—

Ausführliche Prospekte zu den einzelnen Werken stehen kostenfrei zur Verfügung.

Digitized by Google

	M.	Pf.
Bilder-Atlas zur Zoologie der Säugetiere, von Professor Dr. ***W. Marshall.*** Beschreib. Text mit 258 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand	2	50
Bilder-Atlas zur Zoologie der Vögel, von Professor Dr. ***W. Marshall.*** Beschreibender Text mit 238 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand . .	2	50
Bilder-Atlas zur Zoologie der Fische, Lurche und Kriechtiere, von Prof. Dr. ***W. Marshall.*** Beschreibender Text mit 208 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand	2	50
Bilder-Atlas zur Zoologie der Niederen Tiere, von Prof. Dr. ***W. Marshall.*** Beschreib. Text mit 292 Abbildungen. Gebunden, in Leinw.	2	50
Bilder-Atlas zur Pflanzengeographie, von Dr. ***Moritz Kronfeld.*** Beschreibender Text mit 216 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand . . .	2	50
Kunstformen der Natur. 100 Tafeln in Ätzung und Farbendruck mit beschreibendem Text von Prof. Dr. ***Ernst Haeckel.*** In zwei eleganten Sammelkasten 37,50 Mk. — In Leinen gebunden	35	—

Geographische und Kartenwerke.

	M.	Pf.
Die Erde und das Leben. Eine vergleichende Erdkunde. Von Prof. Dr. ***Friedrich Ratzel.*** Mit 487 Abbildungen im Text, 21 Kartenbeilagen und 46 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. Geheftet, in 30 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . . je	17	—
Afrika. Zweite, von Prof. Dr. ***Friedr. Hahn*** umgearbeitete Auflage. Mit 173 Abbildungen im Text, 11 Karten und 21 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder . .	17	—
Australien, Ozeanien und Polarländer, von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers*** und Prof. Dr. ***W. Kükenthal.*** Zweite, neubearbeitete Auflage. Mit 198 Abbildungen im Text, 14 Karten und 24 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	17	—
Süd- und Mittelamerika, von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 144 Abbildungen im Text, 11 Karten und 20 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Nordamerika, von Dr. ***Emil Deckert.*** *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 130 Abbildungen im Text, 12 Karten und 21 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Asien, von Prof. Dr. ***Wilh. Sievers.*** Zweite, neubearbeitete Auflage. Mit 167 Abbildungen im Text, 16 Karten und 20 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	17	—
Europa, von Dr. ***A. Philippson*** und Prof. Dr. ***L. Neumann.*** Mit 166 Abbildungen im Text, 14 Karten und 28 Tafeln in Holzschnitt und Farbendruck. Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Meyers Hand-Atlas. *Dritte Auflage.* Mit 115 Kartenblättern und 5 Textbeilagen. *(Im Erscheinen.)*		
Ausgabe A. Ohne Namenregister. 28 Lieferungen zu je 30 Pf., oder in Leinen gebunden	10	—
Ausgabe B. Mit Namenregister sämtl. Karten. 40 Liefgn. zu je 30 Pf., oder in Halbleder geb.	15	—
Neumanns Orts- und Verkehrslexikon des Deutschen Reichs. *Vierte, neubearbeitete Auflage.* Mit 1 politischen, 1 Verkehrskarte und 40 Städteplänen nebst Straßenverzeichnissen. (Im Erscheinen.) Geb. in Halbleder	18	50
Gebunden, in 2 Leinenbänden	19	—
Bilder-Atlas zur Geographie von Europa, von Dr. ***A. Geistbeck.*** Beschreibender Text mit 233 Abbildungen. Gebunden, in Leinwand . . .	2	25
Bilder-Atlas zur Geographie der aussereuropäischen Erdteile, von Dr. ***A. Geistbeck.*** Beschreibender Text mit 314 Abbild. Gebunden, in Leinwand	2	75

Digitized by Google

	M.	Pf.
Kriegskarte von Japan, Korea, Ost-China und der Mandschurei, nebst größeren Spezialdarstellungen des Gelben Meeres mit Golf von Tschili, des russischen Gebiets auf der Halbinsel Liau-tung sowie Plänen von Port Arthur, Tokio und Yokohama. Von ***P. Krauss.*** Maßstab 1:5,000,000.		
In Oktav gefalzt und in Umschlag 80 Pf. — Auf Leinwand gespannt mit Ringen zum Aufhängen	2	—
Verkehrs- und Reisekarte von Deutschland nebst Spezialdarstellungen des rheinisch-westfälischen Industriegebiets u. des südwestlichen Sachsens sowie zahlreichen Nebenkarten. Von ***P. Krauss.*** Maßstab: 1:1,500,000.		
In Oktav gefalzt und in Umschlag 1 Mk. — Auf Leinwand gespannt mit Stäben zum Aufhängen	2	25

Welt- und kulturgeschichtliche Werke.

	M.	Pf.
Das Deutsche Volkstum, unter Mitarbeit hervorragender Fachgelehrter herausgegeben von Prof. Dr. ***Hans Meyer.*** *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 1 Karte und 43 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck.		
Geheftet, in 16 Lieferungen zu je 1 Mk. — Geb., in 2 Leinenbänden zu je 9,50 Mk., – in 1 Halblederband	18	—
Weltgeschichte, unter Mitarbeit hervorragender Fachmänner herausgegeben von Dr. ***Hans F. Helmolt.*** Mit 51 Karten und 170 Tafeln in Holzschnitt, Ätzung und Farbendruck. (Im Erscheinen.)		
Geheftet, in 18 Halbbänden zu je 4 Mk. — Gebunden, in 9 Halblederbänden . . . . . je	10	—
Urgeschichte der Kultur, von Dr. ***Heinr. Schurtz.*** Mit 434 Abbildungen im Text, 1 Karte u. 23 Tafeln in Holzschnitt, Tonätzung u. Farbendruck.		
Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	17	—
Geschichte der deutschen Kultur, von Dr. ***Georg Steinhausen.*** Mit 205 Abbildungen im Text und 22 Tafeln in Kupferätzung und Farbendruck.		
Geheftet, in 15 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	17	—
Natur und Arbeit. Eine allgemeine Wirtschaftskunde. Von Prof. Dr. ***Alwin Oppel.*** Mit 218 Abbildungen im Text, 23 Kartenbeilagen u. 24 Bildertafeln in Holzschnitt, Ätzung u. Farbendruck. 18 Lieferungen zu je 1 Mk. — 2 Bde., in Leinen geb. je	10	—
Gebunden, in Halbleder	20	—

Literar- und kunstgeschichtliche Werke.

	M.	Pf.
Geschichte der antiken Literatur, von ***Jakob Mähly.*** 2 Teile in einem Band. Gebunden, in Leinwand 3,50 Mk. — Gebunden, in Halbleder	5	25
Geschichte der deutschen Literatur, von Prof. Dr. ***Friedr. Vogt*** u. Prof. Dr. ***Max Koch.*** *Zweite, neubearbeitete Auflage.* Mit 165 Abbildungen im Text, 27 Tafeln in Holzschnitt, Kupferstich und Farbendruck, 2 Buchdruck- und 32 Faksimilebeilagen.		
Geheftet, in 16 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in 2 Halblederbänden . . . . . je	10	—
Geschichte der englischen Literatur, von Prof. Dr. ***Rich. Wülker.*** Mit 162 Abbildungen im Text, 25 Tafeln in Holzschnitt, Kupferstich und Farbendruck und 11 Faksimilebeilagen.		
Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Geschichte der italienischen Literatur, von Prof. Dr. ***B. Wiese*** u. Prof. Dr. ***E. Percopo.*** Mit 158 Abbildungen im Text und 31 Tafeln in Holzschnitt, Kupferätzung und Farbendruck und 8 Faksimilebeilagen.		
Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Geschichte der französischen Literatur, von Professor Dr. ***Hermann Suchier*** und Prof. Dr. ***Adolf Birch-Hirschfeld.*** Mit 143 Abbildungen im Text, 23 Tafeln in Holzschnitt, Kupferätzung und Farbendruck und 12 Faksimilebeilagen.		
Geheftet, in 14 Lieferungen zu je 1 Mk. — Gebunden, in Halbleder	16	—
Geschichte der Kunst aller Zeiten und Völker, von Prof. Dr. ***Karl Woermann.*** Mit etwa 1300 Abbildungen im Text und 130 Tafeln in Holzschnitt, Tonätzung und Farbendruck. (Im Erscheinen.)		
Gebunden, in 3 Halblederbänden . . . . . je	17	—

Digitized by Google

Meyers Klassiker-Ausgaben.

In Leinwand-Einband; für feinsten Halbleder-Einband sind die Preise um die Hälfte höher.

	M.	Pf.
Deutsche Literatur.		
Arnim, herausg. von *J. Dohmke*, 1 Band	2	—
Brentano, herausg. von *J. Dohmke*, 1 Band	2	—
Bürger, herausg. von *A. E. Berger*, 1 Band	2	—
Chamisso, herausg. von *H. Kurz*, 2 Bände	4	—
Eichendorff, herausg. von *R. Dietze*, 2 Bände	4	—
Gellert, herausg. von *A. Schullerus*, 1 Band	2	—
Goethe, herausg. von *K. Heinemann*, kleine Ausgabe in 15 Bänden	30	—
— gr. Ausg. in 30 Bdn. (Im Erscheinen.) je	2	—
Grillparzer, herausg. v. *R. Franz*, 5 Bände	10	—
Hauff, herausg. von *M. Mendheim*, 4 Bände	8	—
Hebbel, herausg. von *K. Zeiß*, 4 Bände	8	—
Heine, herausg. von *E. Elster*, 7 Bände	16	—
Herder, herausg. von *Th. Matthias*, 5 Bände	10	—
E. T. A. Hoffmann, hrsg. v. *V. Schweitzer*, 3 Bde.	6	—
Kleist, herausgeg. von *E. Schmidt*, 5 Bände	10	—
Körner, herausg. von *H. Zimmer*, 2 Bände	4	—
Lenau, herausg. von *C. Hepp*, 2 Bände	4	—
Lessing, herausg. von *F. Bornmüller*, 5 Bde.	12	—
O. Ludwig, herausg. von *V. Schweitzer*, 3 Bände	6	—
Novalis u. Fouqué, herausg. v. *J. Dohmke*, 1 Bd.	2	—
Platen, herausgeg. von *G. A. Wolff* u. *V. Schweitzer*, 2 Bände	4	—
Reuter, herausg. von *W. Seelmann*, 5 Bände	10	—
Rückert, herausg. von *G. Ellinger*, 2 Bände	4	—
Schiller, herausg. v. *L. Bellermann*, kleine Ausgabe in 8 Bänden	16	—
— große Ausgabe in 14 Bänden	28	—
Tieck, herausgeg. von *G. L. Klee*, 3 Bände	6	—
Uhland, herausgeg. von *L. Fränkel*, 2 Bände	4	—
Wieland, herausgeg. von *G. L. Klee*, 4 Bände	8	—
Englische Literatur.		
Altenglisches Theater, v. *Robert Prölß*, 2 Bde.	4	50
Burns, Lieder und Balladen, von *K. Bartsch*	1	50
Byron, Werke, *Strodtmann*sche Ausgabe, 4 Bände	8	—
Chaucer, Canterbury-Geschichten, von *W. Hertzberg*	2	50
Defoe, Robinson Crusoe, von *K. Altmüller*	1	50
Goldsmith, Der Landprediger, von *K. Eitner*	1	25
Milton, Das verlorne Paradies, von *K. Eitner*	1	50
Scott, Das Fräulein vom See, von *H. Viehoff*	1	—
Shakespeare, *Schlegel-Tieck*sche Übersetzg. Bearb. von *A. Brandl*. 10 Bde.	20	—
Shelley, Ausg. Dichtungen, v. *Ad. Strodtmann*	1	50
Sterne, Die empfindsame Reise, v. *K. Eitner*	1	25
— Tristram Shandy, von *F. A. Gelbcke*	2	—
Tennyson, Ausgewählte Dichtungen, von *Ad. Strodtmann*	1	25
Amerikan. Anthologie, von *Ad. Strodtmann*	2	—

	M.	Pf.
Italienische Literatur.		
Ariost, Der rasende Roland, v. *J. D. Gries*, 2 Bde.	4	—
Dante, Göttliche Komödie, von *K. Eitner*	2	—
Leopardi, Gedichte, von *R. Hamerling*	1	—
Manzoni, Die Verlobten, von *E. Schröder*, 2 Bde.	3	50
Spanische und portugiesische Literatur.		
Camoëns, Die Lusiaden, von *K. Eitner*	1	25
Cervantes, Don Quijote, von *E. Zoller*, 2 Bde.	4	—
Cid, von *K. Eitner*	1	25
Spanisches Theater, von *Rapp*, *Braunfels* und *Kurz*, 3 Bände	6	50
Französische Literatur.		
Beaumarchais, Figaros Hochzeit, von *Fr. Dingelstedt*	1	—
Chateaubriand, Erzählungen, v. *M. v. Andechs*	1	25
La Bruyère, Die Charaktere, von *K. Eitner*	1	75
Lesage, Der hinkende Teufel, v. *L. Schücking*	1	25
Mérimée, Ausgewählte Novellen, v. *Ad. Laun*	1	25
Molière, Charakter-Komödien, von *Ad. Laun*	1	75
Rabelais, Gargantua, v. *F. A. Gelbcke*, 2 Bde.	5	—
Racine, Ausgew. Tragödien, von *Ad. Laun*	1	50
Rousseau, Ausgewählte Briefe, von *Wiegand*	1	—
— Bekenntnisse, von *L. Schücking*, 2 Bde.	3	50
Saint-Pierre, Erzählungen, von *K. Eitner*	1	—
Sand, Ländliche Erzählungen, v. *Aug. Cornelius*	1	25
Staël, Corinna, von *M. Bock*	2	—
Töpffer, Rosa und Gertrud, von *K. Eitner*	1	25
Skandinavische und russische Literatur.		
Björnson, Bauern-Novellen, von *E. Lobedans*	1	25
— Dramatische Werke, v. *E. Lobedans*	2	—
Die Edda, von *H. Gering*	4	—
Holberg, Komödien, von *R. Prutz*, 2 Bände	4	—
Puschkin, Dichtungen, von *F. Löwe*	1	—
Tegnér, Frithjofs-Sage, von *H. Viehoff*	1	—
Orientalische Literatur.		
Kalidasa, Sakuntala, von *E. Meier*	1	—
Morgenländische Anthologie, von *E. Meier*	1	25
Literatur des Altertums.		
Anthologie griechischer u. römischer Lyriker, von *Jakob Mähly*	2	—
Aschylos, Ausgew. Dramen, von *A. Oldenberg*	1	—
Euripides, Ausgewählte Dramen, v. *J. Mähly*	1	50
Homer, Ilias, von *F. W. Ehrenthal*	2	50
— Odyssee, von *F. W. Ehrenthal*	1	50
Sophokles, Tragödien, von *H. Viehoff*	2	50

Wörterbücher.

	M.	Pf.
Orthographisches Wörterbuch der deutschen Sprache, von Dr. ***Konrad Duden.*** *Siebente Auflage.* Gebunden, in Leinwand	1	65
Orthographisches Wörterverzeichnis der deutschen Sprache, von Dr. ***Konrad Duden.*** Gebunden, in Leinwand	—	50
Rechtschreibung der Buchdruckereien deutscher Sprache, unter Mitwirkung des Deutschen Buchdruckervereins, des Reichsverbandes Österreichischer Buchdruckereibesitzer und des Vereins Schweizerischer Buchdruckereibesitzer herausgegeben von Dr. ***Konrad Duden.*** Gebunden, in Leinwand	1	60

Druck vom Bibliographischen Institut in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google